



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102481116 B

(45) 授权公告日 2015.02.18

(21) 申请号 201080036855.X

代理人 汪惠民

(22) 申请日 2010.08.26

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

A61B 5/055(2006.01)

2009-225918 2009.09.30 JP

2010-177085 2010.08.06 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.02.20

(56) 对比文件

US 6479998 B1, 2002.11.12, 说明书第
0033,0035,0037,0068段、图1,10.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/064520 2010.08.26

US 6479998 B1, 2002.11.12, 说明书第
0033,0035,0037,0068段、图1,10.
CN 1714300 A, 2005.12.28, 说明书第6页、
图1,5-6.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/040157 JA 2011.04.07

CN 1875288 A, 2006.12.06, 说明书第7页。
US 6448774 B1, 2002.09.10, 全文。

(73) 专利权人 株式会社日立医疗器械

审查员 陈飞

地址 日本东京都

(72) 发明人 寺田将直 阿部充志 今村幸信

竹内博幸 八尾武 黑目明

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

权利要求书3页 说明书22页 附图31页

公司 11021

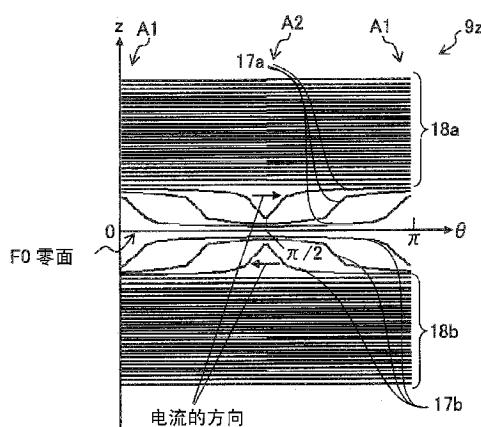
(54) 发明名称

倾斜磁场线圈以及磁共振成像装置

(57) 摘要

具备：在磁共振成像装置的摄像区域中在轴方向上形成线性的磁场分布的大致螺线管状的第一线圈；和在第一线圈的外侧，配置在在摄像区域中形成均匀的磁场分布的静磁场的静磁场线圈装置的内侧，抑制从第一线圈向静磁场线圈装置的漏磁场的大致螺线管状的第二线圈，具有第一线圈与第二线圈的间隔在圆周方向上不同的第一区域A1($\theta = 0, \pi$)和比第一区域A1窄的第二区域A2($\theta = \pi/2$)，在第一线圈中，通过第一线圈的中心且与轴方向(z轴方向)垂直的零面F0侧的布线图案17a、17b，在第一区域A1中远离零面F0，在第二区域A2中接近零面F0，在圆周方向上蜿蜒。提供一种能够不使用z轴不贯通的环状线圈地构成布线图案的倾斜磁场线圈。

CN 102481116 B



1. 一种倾斜磁场线圈,其特征在于,具备:

大致螺线管状的第1线圈,其在水平磁场型磁共振成像装置的摄像区域中在水平轴方向上形成线性变化的磁场分布;和

大致螺线管状的第2线圈,其在所述第1线圈的外侧,配置于在所述摄像区域中形成均匀的磁场分布的静磁场的静磁场线圈装置的内侧,抑制从所述第1线圈向所述静磁场线圈装置的漏磁场,

所述第1线圈与所述第2线圈的间隔在圆周方向上不同,具有第1区域和与所述第1区域相比所述间隔较窄的第2区域,

在所述第1线圈中,通过所述第1线圈的水平方向中心且与所述水平轴方向垂直的零面侧的布线图案,在所述第1区域中远离所述零面,在所述第2区域中接近所述零面,在所述圆周方向上蜿蜒。

2. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

所述第1线圈在配置所述第2线圈的区域中生成的磁场在所述圆周方向的分布呈大致均匀。

3. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

在所述第2线圈中,所述轴方向的外侧和所述零面侧的布线图案平滑地蜿蜒。

4. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

关于所述第1线圈和所述第2线圈,在所述第1区域中相邻的布线图案通过渡线而连接。

5. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

所述第1线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为椭圆形,

所述第2线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形,

所述第1线圈与所述第2线圈的中心轴相一致,

在所述第1线圈的所述椭圆形的短轴的延长线上产生所述第1区域,

在所述第1线圈的所述椭圆形的长轴的延长线上产生所述第2区域。

6. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

所述第1线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为跑道形状,

所述第2线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形,

所述第1线圈与所述第2线圈中心轴相一致,

在所述第1线圈的所述跑道形状的短轴的延长线上产生所述第1区域,

在所述第1线圈的所述跑道形状的长轴的延长线上产生所述第2区域。

7. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

所述第1线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状,采用了以椭圆形为基础,使该椭圆形的长轴的两端周边的圆弧部分向所述椭圆形的短轴方向膨胀的圆弧,

所述第2线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形,

所述第1线圈与所述第2线圈的中心轴相一致,

在所述第1线圈的所述椭圆形的短轴的延长线上产生所述第1区域,

在所述第1线圈的所述椭圆形的长轴的延长线上产生所述第2区域。

8. 根据权利要求1所述的倾斜磁场线圈,其特征在于,

所述第 1 线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形，
所述第 2 线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形，
所述第 1 线圈与所述第 2 线圈的中心轴偏离，在所述第 1 线圈与所述第 2 线圈的中心轴偏离的方向的进退两个方向上产生所述第 1 区域和所述第 2 区域。

9. 根据权利要求 1 所述的倾斜磁场线圈，其特征在于，

所述第 1 线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状，以圆形为基础，使该圆形的大致下半部分的圆弧部分成为比该圆形的半径大的半径的圆弧，

所述第 2 线圈的在与轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状为圆形，

所述第 1 线圈的剖面形状的基础圆形和所述第 2 线圈的剖面形状的圆形的中心相一致，在所述第 1 线圈的所述圆形的一侧产生所述第 2 区域，在所述第 1 线圈的比所述圆形的半径大的半径的一侧产生所述第 1 区域。

10. 一种磁共振成像装置，是水平磁场型的磁共振成像装置，该磁共振成像装置具备：

产生静磁场的环形的静磁场线圈；

在所述静磁场线圈的环形的开口部中移动的床装置；和

产生磁场强度形成倾斜梯度的倾斜磁场的倾斜磁场线圈，

所述磁共振成像装置的特征在于，

所述倾斜磁场线圈具有：

在摄像空间中生成所述倾斜磁场的倾斜磁场主线圈；和

抑制所生成的所述倾斜磁场泄露到所述倾斜磁场线圈的外部的倾斜磁场屏蔽线圈，

所述倾斜磁场主线圈与所述倾斜磁场屏蔽线圈的间隔被配置为在圆周方向上不同，

所述倾斜磁场主线圈中的一个、即在作为所述床装置的行进方向的 z 轴方向上生成所述倾斜磁场的 z 倾斜磁场主线圈，是将在与所述 z 轴垂直的平面上具有该 z 倾斜磁场主线圈的电流流路的布线图案在 z 轴方向上堆积而成的螺线管状线圈，且所述 z 倾斜磁场主线圈的所述布线图案仅存在于与所述 z 轴垂直的平面上。

11. 根据权利要求 10 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述倾斜磁场屏蔽线圈中的一个是 z 倾斜磁场屏蔽线圈，该 z 倾斜磁场屏蔽线圈抑制所述 z 倾斜磁场主线圈所生成的倾斜磁场泄露到倾斜磁场线圈的外部。

12. 根据权利要求 11 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场屏蔽线圈具有如下布线图案：在所述 z 轴方向上在所述磁共振成像装置的中心附近形成为鞍状，在形成为所述鞍状的区域外在圆筒面上形成为绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状。

13. 根据权利要求 11 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场屏蔽线圈沿着所述床装置的行进方向依次具有：在圆筒面上形成为绕所述 z 轴蜿蜒的大致螺线管状的布线部；形成为鞍状的布线部；以及在所述圆筒面上形成为绕所述 z 轴蜿蜒的大致螺线管状的布线部。

14. 根据权利要求 10 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场主线圈由在内部具有流动制冷剂的流路的中空筒状的导体构成。

15. 根据权利要求 13 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场屏蔽线圈的大致螺线管状的布线部由在内部具备流动制冷剂的流路的中空筒状的导体构成。

16. 根据权利要求 13 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场屏蔽线圈的鞍状的布线部由板状导体构成，将所述大致螺线管状的布线部以及鞍状的布线部电接合。

17. 根据权利要求 13 所述的磁共振成像装置，其特征在于，

所述 z 倾斜磁场主线圈由在内部具有流动制冷剂的流路的中空筒状的导体构成。

18. 一种磁共振成像装置，其特征在于，具有：

权利要求 1 所述的倾斜磁场线圈；和

与所述倾斜磁场线圈接近地配置的所述静磁场线圈装置。

19. 一种磁共振成像装置，其特征在于，具有：

权利要求 5 所述的倾斜磁场线圈；和

与所述倾斜磁场线圈接近地配置的所述静磁场线圈装置。

倾斜磁场线圈以及磁共振成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像（以下，称作 MRI）装置，特别涉及在所述 MRI 装置中使用的倾斜磁场线圈。

背景技术

[0002] 作为 MRI 装置，提出了在摄像区域中形成水平方向的磁场的水平磁场型（隧道型）的 MRI 装置。在该 MRI 装置中，在摄像区域中生成均匀的磁场的静磁场线圈（超导线圈等）被收纳在中空圆筒型容器中，在该中空圆筒型容器的内筒壁内侧（中空圆筒型容器的外部），配置有在摄像区域中产生用于设定位置（信息）的脉冲状的磁场（倾斜磁场）的倾斜磁场线圈、和激励核自旋的 RF 线圈。

[0003] 在水平磁场型的 MRI 装置的摄像区域中，在静磁场线圈所生成的静磁场中插入被检体（通常为人体），并照射 RF 线圈所生成的 RF 脉冲，由此来接收从被检体的生物体内产生的磁共振信号，取得医疗诊断用的被检体的断层图像。此时，倾斜磁场线圈具有：在放置了被检体的摄像区域中，在中空圆筒型容器的轴方向（z 轴方向）上产生线性地变化的倾斜磁场的 z 方向倾斜磁场线圈；产生在与该 z 轴垂直且与床平行的横方向（x 轴方向）上线性地变化的倾斜磁场的 x 方向倾斜磁场线圈；和产生在与床垂直的纵方向（y 轴方向）上线性地变化的倾斜磁场的 y 方向倾斜磁场线圈。倾斜磁场线圈，通过对 x 轴方向用的倾斜磁场线圈以及 y 轴方向用的倾斜磁场线圈施加脉冲状的电流，来产生在各自的方向上倾斜的倾斜磁场，并对磁共振信号赋予被检体内的位置信息。

[0004] 倾斜磁场线圈在摄像区域以外也形成磁场（漏磁场），该漏磁场使配置在周围的中空圆筒型容器产生涡流。并且，该涡流所形成的磁场有时对断层图像产生不良影响，因此为了抑制漏磁场，在倾斜磁场线圈中，除了形成倾斜磁场的主线圈之外，还设置有流过与主线圈相反方向的电流的屏蔽线圈。

[0005] 倾斜磁场线圈，一般按照沿着收纳静磁场线圈的中空圆筒型容器的内筒壁的方式，使与 z 轴垂直的剖面的形状成为圆形，但为了减小被检体、例如患者被插入内筒壁内时的压迫感，提出了使圆形的剖面的形状成为横长（例如，参照专利文献 1）的技术方案。在专利文献 1 中，倾斜磁场线圈的主线圈以及屏蔽线圈的与 z 轴垂直的剖面的形状为横长的椭圆形。此外，在专利文献 1 中，提出了具备剖面形状为椭圆形的主线圈、和配置在该主线圈的外侧且其剖面形状为圆形的屏蔽线圈的倾斜磁场线圈。

[0006] 在专利文献 2 中，提出了倾斜磁场线圈的剖面形状为非圆形的水平磁场型的 MRI 装置。该倾斜磁场线圈的主线圈，具有如下形状：与 z 轴垂直的剖面的形状（剖面形状）的下半部分为扁平的圆弧，上半部分为大致正圆形的圆弧。专利文献 2 示出了在 z 方向上形成线性梯度的磁场的 z 方向倾斜磁场线圈的布线图案的例子，示出了在主线圈与屏蔽线圈之间的间隔较窄的上侧、和间隔较宽的下侧，布线图案的绕组密度不同的样态。

[0007] （在先技术文献）

[0008] （专利文献）

[0009] 专利文献 1 :JP 特开 2001-327478 号公报

[0010] 专利文献 2 :JP 特开 2001-170026 号公报

[0011] (发明要解决的课题)

[0012] 在 z 方向倾斜磁场线圈的主线圈和屏蔽线圈的剖面形状都为同心圆的圆形的情况下,主线圈和屏蔽线圈的布线图案,成为按照 z 轴贯通的方式配置的螺线管状线圈的布线图案。

[0013] 另一方面,如专利文献 2 那样,在 z 方向倾斜磁场线圈的主线圈的剖面形状为非圆形,屏蔽线圈的剖面形状为圆形的情况下,主线圈与屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同,存在较窄的区域和较宽的区域。在较窄的区域中,与较宽的区域相比,主线圈和屏蔽线圈的一方的线圈在配置了另一方的线圈的区域中形成的磁场变大。因此,仅用螺线管状线圈的布线图案无法形成主线圈和屏蔽线圈,还追加形成通过收纳静磁场线圈的中空圆筒型容器的中心(装置中心),跨越与 z 轴垂直的剖面,且 z 轴不贯通的环状线圈。像这样,若螺线管状线圈和环状线圈混合存在,则由连接螺线管状线圈和环状线圈的布线图案的渡线产生多余的磁场。该渡线所产生的磁场随时间而变动,因此在周围的中空圆筒型容器中引起涡流,可以认为该涡流所形成的磁场对 MRI 装置的断层图像产生不良影响。此外,若螺线管状线圈和环状线圈混合存在,则它们的连接部分的制作性恶化。并且,若仅着眼于螺线管状线圈部分,则存在一周的电流路径不在同一平面上的情况,必须设置用于确保加工精度的机构。

发明内容

[0014] 因此,本发明的第 1 目的在于,提供一种即使主线圈与屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同,存在较窄的区域和较宽的区域,也能够不使用 z 轴不贯通的环状线圈地用螺线管状线圈构成布线图案的倾斜磁场线圈以及具备这样的倾斜磁场线圈的 MRI 装置。

[0015] 此外,本发明的第 2 目的在于,提供一种即使在 z 方向倾斜磁场线圈的主线圈的剖面形状为非圆形,屏蔽线圈的剖面形状为圆形的情况下(即使主线圈与屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同,存在较窄的区域和较宽的区域),也具有主线圈在制造上容易且螺线管状线圈与环状线圈不混合存在的线圈图案的倾斜磁场线圈以及具备这样的倾斜磁场线圈的 MRI 装置。

[0016] (解决课题的手段)

[0017] 达成前述第 1 目的的本发明的特征在于,

[0018] 一种倾斜磁场线圈,具备:

[0019] 大致螺线管状的第 1 线圈(主线圈),其在磁共振成像装置的摄像区域中在轴方向上形成线性的磁场分布;和

[0020] 大致螺线管状的第 2 线圈(屏蔽线圈),其在所述第 1 线圈(主线圈)的外侧,配置于在所述摄像区域中形成均匀的磁场分布的静磁场的静磁场线圈装置的内侧,抑制从所述第 1 线圈(主线圈)向所述静磁场线圈装置的漏磁场,

[0021] 所述第 1 线圈(主线圈)与所述第 2 线圈(屏蔽线圈)的间隔,在圆周方向上不同,具有第 1 区域(宽区域)和与所述第 1 区域相比所述间隔较窄的第 2 区域(窄区域),

[0022] 在所述第 1 线圈(主线圈)中,通过所述第 1 线圈(主线圈)的中心且与所述轴方向垂直的零面侧的布线图案,在所述宽区域中远离所述零面,在所述窄区域中接近所述

零面，在所述圆周方向上蜿蜒。

[0023] 此外，本发明的特征在于，一种具有本发明所涉及的倾斜磁场线圈、和与所述倾斜磁场线圈接近地配置的所述静磁场线圈装置的 MRI 装置。

[0024] 此外，达成前述第 2 目的的本发明的特征在于，

[0025] 一种水平磁场型的 MRI 装置，其具备：

[0026] 产生静磁场的环形的静磁场线圈；

[0027] 在静磁场线圈的环形的开口部中移动的床装置；和

[0028] 生成磁场强度形成倾斜梯度的倾斜磁场的倾斜磁场线圈，

[0029] 倾斜磁场线圈具有：在摄像区域中生成倾斜磁场的倾斜磁场主线圈（主线圈）；和抑制所生成的倾斜磁场泄露到倾斜磁场线圈的外部的倾斜磁场屏蔽线圈（屏蔽线圈），倾斜磁场主线圈与所述倾斜磁场屏蔽线圈的间隔，被配置为在圆周方向上不同，在作为床装置的行进方向的 z 轴方向上生成倾斜磁场的 z 倾斜磁场主线圈，在与 z 轴垂直的平面上具有其电流流路，是将该电流流路在 z 轴方向上堆积而成的螺线管状线圈。

[0030] （发明的效果）

[0031] 根据本发明的第 1 特征，能够提供一种即使主线圈与屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同，存在窄区域和宽区域，也能够不使用 z 轴不贯通的环状线圈地构成布线图案的倾斜磁场线圈，并且，能够提供搭载了该倾斜磁场线圈的 MRI 装置。

[0032] 此外，根据本发明的第 2 特征，通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形成的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状，能够将导体的布线简单化。此外，螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外，在圆周方向上导体的 z 位置固定，因此制造上变得容易。并且，由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小，因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

附图说明

[0033] 图 1A 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0034] 图 1B 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0035] 图 2 是本发明的第 1 实施方式所涉及的磁共振成像装置的立体图。

[0036] 图 3 是将本发明的第 1 实施方式所涉及的磁共振成像装置在包含 y 轴和 z 轴的平面上切断后的剖面图。

[0037] 图 4 是将本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0038] 图 5A 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 x 主线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0039] 图 5B 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 x 屏蔽线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0040] 图 6A 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 y 主线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0041] 图 6B 是表示本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 y 屏蔽线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0042] 图 7 是对比较例 1 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈和 z 屏蔽线圈进行透视而记载的立体图。

[0043] 图 8A 是表示比较例 1 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0044] 图 8B 是表示比较例 1 的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0045] 图 9A 是表示比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0046] 图 9B 是表示比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的一半的图。

[0047] 图 10A 是对比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈进行透视而记载的立体图（其 1：用 z 坐标的正负来分割环状线圈）。

[0048] 图 10B 是对比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈进行透视而记载的立体图（其 2：将环状线圈与螺线管线圈连接）。

[0049] 图 11A 是对本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）进行透视而记载的立体图。

[0050] 图 11B 是对本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）进行透视而记载的立体图。

[0051] 图 12A 是将本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0052] 图 12B 是表示本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0053] 图 12C 是表示本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0054] 图 13A 是将本发明的第 3 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0055] 图 13B 是表示本发明的第 3 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0056] 图 13C 是表示本发明的第 3 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0057] 图 14A 是将本发明的第 4 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0058] 图 14B 是表示本发明的第 4 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0059] 图 14C 是表示本发明的第 4 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0060] 图 15A 是将本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平

面上切断后的剖面图。

[0061] 图 15B 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈（第 1 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0062] 图 15C 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈（第 2 线圈）的布线图案的展开图的一半的图。

[0063] 图 16A 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0064] 图 16B 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0065] 图 17 是表示将本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0066] 图 18A 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 x 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0067] 图 18B 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 x 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0068] 图 19A 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 y 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0069] 图 19B 是表示本发明的第 6 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 y 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0070] 图 20 是表示 z 倾斜磁场线圈所形成的磁通密度 z 分量的图，(a) 是本发明的第 6 实施方式的 z 倾斜磁场线圈的情况，(b) 是比较例 2 的 z 倾斜磁场线圈的情况，(c) 是绘制了从摄像区域的中心部分向轴方向延伸的线段上的磁通密度的 z 分量的图。

[0071] 图 21 表示本发明的第 6 实施方式的 z 主线圈的布线图案的一部分，(a) 是显示了在 z 方向上堆积的椭圆形电流流路的连接部的布线图案，(b) 是表示 z 主线圈的导体的一部分的图。

[0072] 图 22 表示本发明的第 6 实施方式的 z 屏蔽线圈的布线图案的一部分，(a) 是显示了在 z 方向上堆积的椭圆形电流流路的连接部的布线图案，(b) 是表示 z 主线圈的导体的一部分的图。

[0073] 图 23 表示本发明的第 7 实施方式的 z 倾斜磁场线圈，(a) 是 z 倾斜磁场线圈的剖面图，(b) 是表示 z 倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图，(c) 是表示 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0074] 图 24 表示本发明的第 8 实施方式的 z 倾斜磁场线圈，(a) 是 z 倾斜磁场线圈的剖面图，(b) 是表示 z 倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图，(c) 是表示 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0075] 图 25 表示本发明的第 9 实施方式的 z 倾斜磁场线圈，(a) 是 z 倾斜磁场线圈的剖面图，(b) 是表示 z 倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图，(c) 是表示 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

[0076] 图 26 表示本发明的第 10 的实施方式的 z 倾斜磁场线圈，(a) 是 z 倾斜磁场线圈的剖面图，(b) 是表示 z 倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图，(c) 是

表示 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图的 1/2 的图。

具体实施方式

[0077] 接下来,适当参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。另外,在各图中,对共同的部分赋予相同符号并省略重复的说明。

[0078] (第 1 实施方式)

[0079] 在图 2 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的磁共振成像 (MRI) 装置 100 的立体图。MRI 装置 100 具有:在躺在床 41 上的状态下插入被检体 40 的摄像区域 (摄像空间) 7 中生成均匀的静磁场的静磁场线圈装置 1;为了对摄像区域 7 赋予位置信息而在空间上脉冲状地产生磁场强度产生了倾斜梯度的倾斜磁场的倾斜磁场线圈 2;对被检体 40 照射高频脉冲的 RF 线圈 3;接收来自被检体 40 的磁共振信号的接收线圈 (省略图示);和对接收到的磁共振信号进行处理并显示所述断层图像的计算机系统 (省略图示)。并且,根据 MRI 装置 100,利用对放置在均匀的静磁场中的被检体 40 照射了高频脉冲时所产生的核磁共振现象,能够得到表示被检体 40 的物理的、化学的性质的断层图像,该断层图像特别被用作医疗用。静磁场线圈装置 1、倾斜磁场线圈 2、RF 线圈 3 为筒状,筒状的中心轴相互大体一致,向着 z 轴方向。在此,将与床 41 向所述筒状内部的进入方向平行的方向 (静磁场的方向) 作为 z 轴。另外,y 轴方向被设定为垂直方向向上。x 轴方向被设定为水平方向,并且,被设定为将螺丝从 z 轴方向向 y 轴方向转动时螺丝的前进方向。静磁场线圈装置 1 的外周由作为中空圆筒型容器的真空容器 6 构成。在作为中空圆筒型容器的真空容器 6 的内筒壁内侧 (中空圆筒型容器的外部) 配置有倾斜磁场线圈 2 和 RF 线圈 3。

[0080] 倾斜磁场线圈 2 具有:配置在摄像区域 7 侧的主线圈 2a、和配置在真空容器 6 侧的屏蔽线圈 2b。主线圈 2a 在摄像区域 7 中产生倾斜磁场,但在作为中空圆筒型容器的真空容器 6 中,也产生所谓的漏磁场。为了抑制向该作为中空圆筒型容器的真空容器 6 的漏磁场,在屏蔽线圈 2b 中,流过与主线圈 2a 相反方向的电流。

[0081] 主线圈 2a 具有:产生在 z 轴方向上线性地变化的倾斜磁场的 z 主线圈 9z;产生在 x 轴方向上线性地变化的倾斜磁场的 x 主线圈 9x;和产生在 y 轴方向上线性地变化的倾斜磁场的 y 主线圈 9y。通过对 z 主线圈 9z、x 主线圈 9x、和 y 主线圈 9y 分别施加脉冲状的电流,能够产生在相对应的各自的方向上倾斜的倾斜磁场,并对磁共振信号赋予被检体 40 内的位置信息。

[0082] 屏蔽线圈 2b 具有:抑制 z 主线圈 9z 所产生的漏磁场的 z 屏蔽线圈 10z;抑制 x 主线圈 9x 所产生的漏磁场的 x 屏蔽线圈 10x;和抑制 y 主线圈 9y 所产生的漏磁场的 y 屏蔽线圈 10y。

[0083] 在图 3 中,示出将本发明的第 1 实施方式所涉及的 MRI 装置 100 在包含 y 轴和 z 轴的平面上切断后的剖面图。MRI 装置 100 是在摄像区域 7 中形成的静磁场 8 的方向为水平方向 (z 轴方向) 的水平磁场型 MRI 装置。此外,如前述那样,按照相互成为直角的方式设定 x 轴、y 轴、和 z 轴,原点设定在摄像区域 7 的中心即作为中空圆筒型容器的真空容器 6 的中心附近。在静磁场线圈装置 1 中,按照相对于 z = 0 面左右 ($z < 0$ 和 $z > 0$ 的部分) 成对的方式,设置有静磁场主线圈 1a、和抑制静磁场向周围的泄露的静磁场屏蔽线圈 1b。这些线圈 1a、1b 分别为以 z 轴为共同的中心轴的圆环形状。与静磁场主线圈 1a 的外径相比,静

磁场屏蔽线圈 1b 的内径更大。此外，在这些线圈 1a、1b 中，多利用超导线圈，在此情况下，线圈 1a、1b 被收纳在 3 层构造的容器内。首先，线圈 1a、1b 与制冷剂的液体氦 (He) 一起收纳在氦容器 4 内。氦容器 4 内含在阻断向内部的热辐射的辐射屏蔽 5 中。然后，作为中空圆筒型容器的真空容器 6 收纳氦容器 4 以及辐射屏蔽 5，同时将内部保持为真空。真空容器 6 即使配置在普通室温的室内，也由于真空容器 6 内为真空，因此室内的热不会通过传导或对流而传递给氦容器 4。此外，辐射屏蔽 5 抑制了室内的热通过辐射而从真空容器 6 传递给氦容器 4。因此，线圈 1a、1b 能够稳定地设定为作为液体氦的温度的极低温，能够发挥超导电磁石的功能。在氦容器 4、辐射屏蔽 5、和真空容器 6 中，为了不产生不必要的磁场而使用非磁性的部件，并且，出于容易保持真空保持的目的而使用非磁性的金属。因此，在氦容器 4 和辐射屏蔽 5 中，特别是配置在最外周的真空容器 6 中，处于容易产生所述涡流的状况。

[0084] 倾斜磁场线圈 2 具有筒状的形状，按照内置 RF 线圈 3 和摄像区域 7 的方式配置。倾斜磁场线圈 2 的外筒壁按照沿着作为中空圆筒型容器的真空容器 6 的内筒壁而对置的方式形成。

[0085] RF 线圈 3 也具有筒状的形状，按照内置摄像区域 7 的方式配置。RF 线圈 3 的外筒壁按照沿着倾斜磁场线圈 2 的内筒壁而对置的方式形成。RF 线圈 3 对摄像区域 7 照射高频脉冲。接收线圈（省略图示）接收来自被检体 40 的磁共振信号，并发送到计算机系统（省略图示）。计算机系统接受来自接收线圈的磁共振信号后，对该磁共振信号进行处理来制作被检体 40 的断层图像，并显示在显示装置（未图示）中。

[0086] 在图 4 中，示出将本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。在（倾斜磁场）主线圈 2a 的外侧，配置有（倾斜磁场）屏蔽线圈 2b。（倾斜磁场）主线圈 2a 的剖面形状为椭圆形，（倾斜磁场）屏蔽线圈 2b 的剖面形状为（正）圆形。（倾斜磁场）主线圈 2a 的中心轴和（倾斜磁场）屏蔽线圈 2b 的中心轴为 z 轴方向，且相一致。在（倾斜磁场）主线圈 2a 中，x 轴方向为长轴，y 轴方向为短轴。因此，主线圈 2a 与屏蔽线圈 2b 的间隔，在圆周方向（θ 方向）上不同，具有第 1 区域（宽区域）A1、和与该宽区域 A1 相比，主线圈 2a 与屏蔽线圈 2b 的间隔较窄的第 2 区域（窄区域）A2。在（倾斜磁场）主线圈 2a 的椭圆形的短轴的延长线上产生第 1 区域（宽区域）A1，在（倾斜磁场）主线圈 2a 的椭圆形的长轴的延长线上产生第 2 区域（窄区域）A2。另外，θ 是绕 z 轴的角度。从坐标原点起将 y 轴负方向作为零弧度（θ = 0rad）。同样，将 x 轴正方向作为 $\pi/2$ 弧度（θ = $\pi/2$ rad）。将 y 轴正方向作为 π 弧度（θ = π rad）。将 x 轴负方向作为 $3\pi/2$ 弧度（θ = $3\pi/2$ 弧度）。由此，宽区域 A1 在 θ 为零弧度（θ = 0rad）和 π 弧度（θ = π rad）以及它们的附近产生。反之，窄区域 A2 在 θ 为 $\pi/2$ 弧度（θ = $\pi/2$ rad）和 $3\pi/2$ 弧度（θ = $3\pi/2$ 弧度）以及它们的附近产生。

[0087] 并且，在主线圈 2a 与屏蔽线圈 2b 的间隔较宽的区域 A1 内的、θ 为 π 弧度（θ = π rad）的一侧的区域中，设置有将外部电源和主线圈 2a 相连接的连接布线 24、25。此外，在该相同的宽区域 A1 中设置有将外部电源和屏蔽线圈 2b 相连接的连接布线 26、27。若为宽区域 A1，则能够容易地配设连接布线 24 ~ 27。

[0088] 主线圈 2a 的 x 主线圈 9x、y 主线圈 9y、和 z 主线圈 9z，夹持着省略了图示的绝缘层而层叠。屏蔽线圈 2b 的 x 屏蔽线圈 10x、y 屏蔽线圈 10y、和 z 屏蔽线圈 10z，也夹持着省略了图示的绝缘层而层叠。

[0089] 在图 5A 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的主线圈 2a 的 x 主线圈 9x 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。即,在图 5A 中,示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围,但省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 x 主线圈 9x 的布线图案,是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 x 主线圈 9x 的布线图案,以与 θ 为 π 弧度 ($\theta = \pi$) 的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。由此可知,x 主线圈 9x 具有 4 个漩涡状的鞍型环状线圈。

[0090] 在图 5B 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的屏蔽线圈 2b 的 x 屏蔽线圈 10x 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。即,在图 5B 中,示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围,但省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 x 屏蔽线圈 10x 的布线图案,是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 x 屏蔽线圈 10x 的布线图案,以与 θ 为 π 弧度 ($\theta = \pi$) 的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。由此可知,x 屏蔽线圈 10x 具有 4 个漩涡状的鞍型环状线圈。

[0091] 在图 6A 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的主线圈 2a 的 y 主线圈 9y 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。在图 6A 中,也示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围,而省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 y 主线圈 9y 的布线图案,是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 y 主线圈 9y 的布线图案,以与 θ 为 π 弧度 ($\theta = \pi$) 的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。由此可知,y 主线圈 9y 具有 4 个漩涡状的鞍型环状线圈。y 主线圈 9y 与将 x 主线圈 9x 在 z 轴的周围旋转了 90 度后的线圈大体一致。

[0092] 在图 6B 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的屏蔽线圈 2b 的 y 屏蔽线圈 10y 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。在图 6B 中,也示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围,而省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 y 屏蔽线圈 10y 的布线图案,是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 y 屏蔽线圈 10y 的布线图案,以与 θ 为 π 弧度 ($\theta = \pi$) 的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。由此可知,y 屏蔽线圈 10y 具有 4 个漩涡状的鞍型环状线圈。y 屏蔽线圈 10y 与将 x 屏蔽线圈 10x 在 z 轴的周围旋转 90 度后的线圈大体一致。

[0093] 像这样,x 主线圈 9x、x 屏蔽线圈 10x、y 主线圈 9y、y 屏蔽线圈 10y 分别能够由 4 个所构成的漩涡状的鞍型环状线圈来构成。另外,在构成漩涡状的环状线圈的多重环状线圈中,连接相邻的环状线圈间的渡线省略了图示。

[0094] 在图 1A 中,示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的主线圈 2a 的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。即,在图 1A 中,示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围,但省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案,是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案,以与 θ 为 π 弧度 ($\theta = \pi$) 的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。由此可知,z 主线圈(第 1 线圈)9z 是 z 轴贯通的大致螺线管状线圈。z 主线圈(第 1 线圈)9z,在 MRI 装置 100 的摄像区域 7 中,形成强度在轴方向(z 轴方向)上线性地倾斜的磁场分布。

[0095] 在 z 主线圈(第 1 线圈)9z 中,通过 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的中心且与轴方向(z 轴方向)垂直的零面 F0(z = 0 面)侧的布线图案 17a、17b(在图 1A 中由 6 条构成的布

线图案)在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)中远离零面 F0(z = 0 面), 在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中接近零面 F0(z = 0 面), 在圆周方向(θ 方向)上蜿蜒。

[0096] 布线图案 17a、17b 的 6 条布线图案内、最接近零面 F0(z = 0 面)的零面 F0(z = 0 面)的两侧的 2 条布线图案, 在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)以外的、包含窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)在内的圆周方向(θ 方向)的大部分区域中, 接近零面 F0(z = 0 面)。因此, 该 2 条布线图案, 在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)中, 在 z 轴方向发生了位移。

[0097] 布线图案 17a、17b 的 6 条布线图案内、最远离零面 F0(z = 0 面)的零面 F0(z = 0 面)的两侧的 2 条布线图案, 在包含宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)在内的圆周方向(θ 方向)的大部分区域中, 远离零面 F0(z = 0 面)而接近布线图案 18a、18b, 仅在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中, 接近零面 F0(z = 0 面)。因此, 该 2 条布线图案, 在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中, 在 z 轴方向上发生了位移。

[0098] 布线图案 17a、17b 的 6 条布线图案内、最接近零面 F0(z = 0 面)的零面 F0(z = 0 面)的两侧的 2 条布线图案、和最远离零面 F0(z = 0 面)的零面 F0(z = 0 面)的两侧的 2 条布线图案所夹着的 2 条布线图案, 在包含宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)在内的周边的区域中, 远离零面 F0(z = 0 面)而接近布线图案 18a、18b, 在包含窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)在内的周边的区域中, 接近零面 F0(z = 0 面)。因此, 该 2 条布线图案, 在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)和窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)之间的区域中, 在 z 轴方向上发生了位移。

[0099] z 主线圈(第 1 线圈)9z 还具有远离零面 F0(z = 0 面)的外侧的布线图案 18a、18b。布线图案 18a、18b 是由在圆周方向(θ 方向)上大致直线状的、多条图案构成的布线图案。

[0100] 另外, z 轴为正的一侧的布线图案 17a、18a 中流过的电流的方向, 是 θ 方向的正方向, z 轴为负的一侧的布线图案 17b、18b 中流过的电流的方向, 是 θ 方向的负方向。此外, 连接相邻的布线图案 17a、17b、18a、18b 的渡线省略了的记载。

[0101] 在图 1B 中, 示出本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2 的屏蔽线圈 2b 的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案的 θ 方向的展开图的一半。即, 在图 1B 中, 示出了 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围, 但省略了 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的记载。 θ 为 $\pi \sim 2\pi$ 弧度的范围的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案, 是将 θ 为 $0 \sim \pi$ 弧度的范围的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案, 以与 θ 为 π 弧度($\theta = \pi$)的 z 轴平行的直线为对称线而折叠后的线对称的布线图案。可知, z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 是 z 轴贯通的大致螺线管状线圈。z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z, 在 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的外侧, 抑制从 z 主线圈(第 1 线圈)9z 向静磁场线圈装置 1 的漏磁场。

[0102] 在 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 中, 布线图案 19 内的、轴方向(z 轴方向)的外侧和零面 F0(z = 0 面)侧的布线图案, 平滑地蜿蜒。布线图案 19 内的、轴方向(z 轴方向)的外侧的布线图案的包含窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)在内的圆周方向(θ 方向)的周边区域, 与其他区域相比, 靠近零面 F0(z = 0 面)方向。布线图案 19 内的、零面 F0(z = 0 面)侧的布线图案的包含宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)在内的圆周方向(θ 方向)的周边区域, 与其他区域相比, 靠近零面 F0(z = 0 面)方向。另外, z 轴为正的一侧的布线图案 19 中流过的电流的方向, 是 θ 方向的负方向, z 轴为负的一侧的布线图案 19 中流过的电流的方向, 是 θ 方向的正方向。

[0103] 在图 7 中,示出对比较例 1 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈 11 和 z 屏蔽线圈 12 进行透视而记载的立体图。在比较例 1 中,使用以 z 轴为共同的中心轴的 z 主线圈 11 和 z 屏蔽线圈 12,z 主线圈 11 和 z 屏蔽线圈 12 的与 z 轴垂直的面上的剖面形状为圆形。因此,z 主线圈 11 与 z 屏蔽线圈 12 的间隔,在圆周方向上固定,不具有宽区域 A1 和窄区域 A2。

[0104] 在图 8A 中,示出比较例 1 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈 11 的布线图案的展开图的一半,在图 8B 中,示出 z 屏蔽线圈 12 的布线图案的展开图的一半。在比较例 1 中,z 主线圈 11、z 屏蔽线圈 12 的剖面形状都为圆形,z 主线圈 11 与 z 屏蔽线圈 12 的间隔在圆周方向上一样(固定),因此布线图案也成为在圆周方向(θ 方向)上固定的图案,成为由在圆周方向(θ 方向)上大致直线状的、多条图案构成的布线图案。

[0105] 在图 9A 中,示出比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案 13、14 的展开图的一半,在图 9B 中,示出比较例 2 的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈的布线图案 15、16 的展开图的一半。在比较例 2 中,与第 1 实施方式的图 4 的 z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 同样,z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔在圆周方向上不同,具有宽区域 A1 和窄区域 A2。在窄区域 A2 中,与宽区域 A1 相比,z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 的一方的线圈,在配置有另一方的线圈的场所所产生的磁场变强。因此,按照用该另一方的线圈来抵消该磁场(重现其强度(不过,方向相反))的方式,若为 z 主线圈 9z 则如布线图案 14 那样,若为 z 屏蔽线圈 10z 则如布线图案 16 那样,形成跨越零面 F0(z=0 面)的环状线圈。布线图案 14 和 16 的环状线圈,是 z 轴不贯通的环状线圈。另外,布线图案 14 以外的 z 主线圈 9z 的布线图案 13、和布线图案 16 以外的 z 屏蔽线圈 10z 的布线图案 15,在圆筒面上或者椭圆筒面上形成在圆周方向(θ 方向)上蜿蜒的大致螺线管状线圈。

[0106] 在比较例 2 中,如图 9A 的布线图案 14 和图 9B 的布线图案 16 那样,形成了环状线圈,但在第 1 实施方式中,如图 1A 的 z 主线圈 9z、和图 1B 的 z 屏蔽线圈 10z 所示那样,没有形成不贯通 z 轴的环状线圈。像这样,在第 1 实施方式中,在图 1A 的 z 主线圈 9z、和图 1B 的 z 屏蔽线圈 10z 中不形成不贯通 z 轴的环状线圈方面取得了成功。

[0107] 首先,针对图 1A 的 z 主线圈 9z 的布线图案 17a、17b、18a、18b 所形成的磁场在以下进行详述。在 z 坐标为正($z > 0$)的区域中,布线图案 17a 以及布线图案 18a 的电流的方向,为 θ 方向的正方向,在 z 坐标为负($z < 0$)的区域中,布线图案 17b 以及布线图案 18b 的电流的方向,为 θ 方向的负方向。因此,在零面 F0(z=0 面)上,磁通密度的 z 分量成为零(0)(T)。并且,形成越远离零面 F0(z=0 面)则磁通密度的 z 分量越大的倾斜磁场。

[0108] 在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)中,蜿蜒的布线图案 17a 通过布线图案 18a 的附近,蜿蜒的布线图案 17b 通过布线图案 18b 的附近,因此布线图案 17a 和布线图案 17b 远离。因此,布线图案 17a 和布线图案 17b 所形成的磁场不相互抵消,起到增强布线图案 17a、18a 和布线图案 17b、18b 所形成的磁场(倾斜磁场和漏磁场)的作用。

[0109] 另一方面,在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中,蜿蜒的布线图案 17a 和布线图案 17b 接近。因此,布线图案 17a 和布线图案 17b 所形成的磁场相互抵消,不会增强布线图案 17a、18a 和布线图案 17b、18b 所形成的磁场(倾斜磁场和漏磁场)。

[0110] 因此,从 z 主线圈 9z 向外侧的 z 屏蔽线圈 10z 的方向离开一定距离的位置上的 θ 方向的磁场的轮廓,宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)比窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)大。换言之,相对于离窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中的 z 主线圈 9z 某距离上的磁场(漏磁场),在

宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近) 中, 在比该距离更远(大)的距离的位置上, 存在形成与该磁场(漏磁场)大小相等的磁场(漏磁场)的位置。即, 在远离 z 主线圈 9z 的外侧的 z 主线圈 9z 的区域中, 存在 z 主线圈 9z 所生成的磁场(漏磁场)的圆周方向(θ 方向)的分布大致均匀的环状的区域。并且, 在该环状的区域中, 配置有 z 屏蔽线圈 10z。z 屏蔽线圈 10z 只要抑制(屏蔽)圆周方向(θ 方向)的分布大致均匀的磁场(漏磁场)即可, 因此能够用大致螺管线圈容易地形成。即, 在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近) 和宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近) 中, 根据 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔的大小, 来调节布线图案 17a 和布线图案 17b 的蜿蜒的程度和条数, 由此能够将 z 屏蔽线圈 10z 形成为剖面形状为大致圆形的螺管线圈形状。例如, 在图 1A 中, 布线图案 17a 和布线图案 17b 各为 3 圈(条), 但只要 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的最大间隔和最小间隔的差(窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近) 和宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近) 的间隔的差) 越大, 则越增加蜿蜒的圈数即可。根据第 1 实施方式, 由于 z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 都不具有环状线圈, 因此能够将连接布线图案间的渡线的引绕抑制在最小限度, 因此能够减小在周围的构造物中生成的多余的涡流, 而且, 制造也变得容易。

[0111] 因此, 在后述中, 对连接布线图案间的渡线等的连接布线进行说明。首先, 为了与第 1 实施方式进行比较, 针对图 9B 所示的比较例 2 的 z 屏蔽线圈, 对连接相邻的布线图案 15、16 间的渡线等的连接布线进行说明。

[0112] 在图 10A 中, 示出对比较例 2 的 z 屏蔽线圈进行透视而记载的立体图。在图 10A 中, 用 z 坐标的正负(用零面 F0(z=0 面))对布线图案 16(16a、16b) 的环状线圈进行了分割。比较例 2 的 z 屏蔽线圈, 在宽区域 A1($\theta = \pi$ 附近) 中, 用连接布线 20、21 与外部连接。从连接布线 20 流入电流, 从连接布线 21 流出电流。从连接布线 20 流入的电流, 首先, 流过布线图案 15a(15)。多个布线图案 15a(15) 的相互间, 由渡线 28 来连接。电流在流过布线图案 15a(15) 之后, 经由与布线图案 15a(15) 大致平行的引绕线(连接布线) 22, 而流过环状线圈的上侧的布线图案 16a(16)。然后, 将电流的方向从 θ 方向的负的方向变为正的方向, 流过环状线圈的下侧的布线图案 16b(16)。接着, 电流流过引绕线 22, 并流入到布线图案 15b(15)。多个布线图案 15b(15) 的相互间, 由渡线 28 来连接。布线图案 15b(15) 与连接布线 21 连接, 电流从布线图案 15b(15) 流出到连接布线 21。

[0113] 如图 10A 所示, 引绕线 22 每 4 条接近地配置, 每 2 条中各自的电流的方向相反, 因此几乎不由它们生成磁场, 但由于以导体宽度的间隔而相互分离, 因此生成微弱的磁场。该微弱的磁场与在摄像区域 7 中形成的磁场(倾斜磁场)相比可以无视, 但相对于 z 屏蔽线圈 10z 的径方向外侧的原本磁场被遮蔽的区域的磁场(漏磁场)则无法无视。因此, 该磁场所产生的对周围的构造物的涡流影响, 与不考虑圈间的连接的情况相比, 变大为无法无视的程度。

[0114] 在图 10B 中, 也示出对比较例 2 的 z 屏蔽线圈进行透视而记载的立体图。在图 10B 中, 布线图案 16 的环状线圈, 与相邻的布线图案 15(15a、15b), 在相互最接近的位置经由连接布线 23a、23b 而连接。图 10B 所示的 z 屏蔽线圈, 也在宽区域 A1($\theta = \pi$ 附近) 中, 通过连接布线 20、21 与外部连接。从连接布线 20 流入电流, 从连接布线 21 流出电流。从连接布线 20 流入的电流, 首先, 流过布线图案 15a(15)。多个布线图案 15a(15) 的相互间通过渡线 28 而连接。电流在流过与布线图案 16 的环状线圈接近的布线图案 15a(15) 的途中,

经由与布线图案 15a(15) 大致垂直的连接布线 23a, 流过环状线圈的布线图案 16, 并返回到布线图案 15a(15)。然后, 流过布线图案 15a(15) 之后, 电流将方向从 θ 方向的负的方向变为正的方向, 并流过布线图案 15b(15)。电流在流过与布线图案 16 的环状线圈接近的布线图案 15b(15) 的途中, 经由与布线图案 15b(15) 大致垂直的连接布线 23b, 流过环状线圈的布线图案 16, 并返回到布线图案 15b(15)。电流流过布线图案 15b(15)。多个布线图案 15b(15) 的相互间通过渡线 28 而连接。布线图案 15b(15) 与连接布线 21 连接, 电流从布线图案 15b(15) 流出到连接布线 21。

[0115] 如图 10B 所示, 连接布线 23a、23b, 由于能够缩短布线长度, 故而能将涡流的影响抑制在最小限度, 但若环状线圈的布线图案 16 成为 2 圈 (2 圈) 以上, 则 2 条连接布线 23a 中的 1 条、和 2 条连接布线 23b 中的 1 条, 与环状线圈的布线图案 16 交叉。该交叉在窄区域 A2 ($\theta = \pi/2, 3\pi/2$ 附近) 中产生, z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔变得最窄, 只要使用一条线圈绞线用一个绕组来形成, 则在空间上没有使布线交叉的空余。

[0116] 接下来, 针对图 1A 所示的第 1 实施方式的 z 主线圈 9z, 对连接相邻的布线图案 17(17a、17b)、18(18a、18b) 间的渡线等的连接布线进行说明。

[0117] 在图 11A 中, 示出对本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 主线圈 (第 1 线圈) 9z 进行透视而记载的立体图。第 1 实施方式的 z 主线圈 9z, 在宽区域 A1 ($\theta = \pi$ 附近) 中, 通过连接布线 24、25 与外部连接。从连接布线 24 流入电流, 从连接布线 25 流出电流。从连接布线 24 流入的电流, 首先, 流过布线图案 18b。多个布线图案 18b 的相互间, 通过渡线 28 而连接。电流在流过布线图案 18b 之后, 经由渡线 28, 流过蜿蜒的布线图案 17b。然后, 电流流过渡线 28, 将方向从 θ 方向的负的方向, 变为正的方向, 并流过蜿蜒的布线图案 17a。接着, 电流流过渡线 28, 流入到布线图案 18a。多个布线图案 18a 的相互间通过渡线 28 而连接。布线图案 18a 与连接布线 25 连接, 电流从布线图案 18a 流出到连接布线 25。

[0118] 如图 11A 所示, 所有的渡线 28 能够设置在宽区域 A1 ($\theta = \pi$ 附近) 中, 并能够与连接布线 24 接近地配置为大致平行。流过渡线 28 的电流的方向, 大体朝向 z 轴方向的正的方向, 因此与流过连接布线 24 的电流的方向相反, 几乎不由它们产生磁场。此外, 连接布线 24 虽然与布线图案 17a、17b、18a、18b 以及渡线 28 交叉, 但该交叉在宽区域 A1 ($\theta = \pi$ 附近) 中产生, 因此 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔变得最宽, 能够容易地确保使布线交叉的空间上的余地。

[0119] 接下来, 针对图 1B 所示的第 1 实施方式的 z 屏蔽线圈 10z, 对连接相邻的布线图案 19 间的渡线等的连接布线进行说明。

[0120] 在图 11B 中, 示出对本发明的第 1 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈 (第 2 线圈) 10z 进行透视而记载的立体图。第 1 实施方式的 z 屏蔽线圈 10z, 在宽区域 A1 ($\theta = \pi$ 附近) 中, 通过连接布线 26、27 与外部连接。从连接布线 26 流入电流, 从连接布线 27 流出电流。从连接布线 26 流入的电流, 首先流过布线图案 19a(19)。多个布线图案 19a 的相互间, 通过渡线 28 而连接。然后, 在流过布线图案 19a(19) 之后, 电流流过渡线 28, 将方向从 θ 方向的负的方向变为正的方向, 并流过布线图案 19b(19)。多个布线图案 19b(19) 的相互间, 通过渡线 28 而连接。布线图案 19b(19) 与连接布线 27 连接, 电流从布线图案 19b 流出到连接布线 27。

[0121] 如图 11B 所示, 所有的渡线 28 能够设置在宽区域 A1 ($\theta = \pi$ 附近) 中, 并能够与

连接布线 27 接近地配置为大致平行。流过渡线 28 的电流的方向,大体朝向 z 轴方向的负的方向,因此与流过连接布线 27 的电流的方向相反,几乎不由它们产生磁场。此外,连接布线 27 虽然与布线图案 19(19a、19b) 以及渡线 28 交叉,但由于该交叉在宽区域 A1($\theta = \pi$ 附近) 中产生,因此 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔变得最宽,能够容易地确保空间上使布线交叉的余地。

[0122] 如前述那样,根据第 1 实施方式,z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 都不生成不贯通 z 轴的环状线圈,从而能够将连接圈间的连接布线的引绕距离抑制在最小限度,因此能够减小在周围的构造物中生成的多余的涡流,也能够容易地制造。

[0123] 通过如本实施方式那样配置倾斜磁场屏蔽线圈 2b(10x、10y、10z),能够抑制倾斜磁场主线圈 2a(9x、9y、9z) 所生成的脉冲状的磁场泄露到倾斜磁场线圈的外部的情况,能够抑制在覆盖静磁场线圈装置 1 的容器(氦容器、辐射屏蔽、真空容器)中产生涡流,并能够得到希望的倾斜磁场分布。此外,通过在倾斜磁场主线圈与静磁场线圈装置 1 之间配置倾斜磁场屏蔽线圈 2b,能够抑制静磁场线圈装置 1 中流过的电流和从倾斜磁场主线圈 2a 泄露的磁场所产生的振动电磁力导致的静磁场线圈装置 1 的振动,能够防止在摄像区域中形成的均匀磁场随时间而变动。

[0124] (第 2 实施方式)

[0125] 在图 12A 中,示出将本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2A 在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。第 2 实施方式的倾斜磁场线圈 2A 与第 1 实施方式的倾斜磁场线圈 2 的不同点在于,主线圈 2a、特别是 z 主线圈 9z 的剖面形状成为跑道形状。不过,z 主线圈 9z 的剖面形状与第 1 实施方式同样,x 轴方向(水平方向)的宽度成为最大宽度,因此在被检体 40(参照图 2)仰卧的情况下,能够在肩宽方向上具有余地地插入,因此能够提高被检体 40 对 MRI 装置 100(参照图 2)所感到的宽敞感。(倾斜磁场)主线圈 2a 的中心轴与(倾斜磁场)屏蔽线圈 2b 的中心轴成为 z 轴方向,且相一致。在(倾斜磁场)主线圈 2a 的所述跑道形状的短轴的延长线上产生第 1 区域(宽区域)A1,在(倾斜磁场)主线圈 2a 的跑道形状的长轴的延长线上产生第 2 区域(窄区域)A2。此外,与第 1 实施方式同样,z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 之间的间隔根据圆周方向(θ 方向)而不同,x 轴上($\theta = \pi/2, 3\pi/2$ (窄区域 A2))的 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔,比 y 轴上($\theta = 0, \pi$ (宽区域 A1))的间隔窄。

[0126] 在图 12B 中,示出本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2A 的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案 17a、17b、18a、18b 的展开图的一半。在第 2 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,在宽区域 A1($\theta = 0, \pi$ 附近)中,接近外侧的大致螺线管线圈形状的布线图案 18a 和 18b,在窄区域 A2($\theta = \pi/2$ 附近)中,接近零面 F0(z = 0 面),形成绕 z 轴向 θ 方向前进且在 z 轴方向上蜿蜒的大致螺线管状线圈的布线图案 17a、17b。

[0127] 在图 12C 中,示出本发明的第 2 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2A 的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案 19 的展开图的一半。在第 2 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,z 屏蔽线圈 10z 形成不生成 z 轴不贯通的环状线圈的大致螺线管状线圈的布线图案 19。

[0128] 根据第 2 实施方式,与第 1 实施方式同样,z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 都不生成环状线圈,从而能够将连接圈间的连接布线的引绕抑制在最小限度,因此能够减小在周围的构造物中生成的涡流,并且,制造变得容易。

[0129] (第3实施方式)

[0130] 在图13A中,示出将本发明的第3实施方式所涉及的倾斜磁场线圈2B在包含x轴和y轴的平面上切断后的剖面图。第3实施方式的倾斜磁场线圈2B与第1实施方式的倾斜磁场线圈2的不同点在于,在主线圈2a、特别是z主线圈9z的剖面形状中,成为使短轴所通过的周边的圆弧部分为椭圆形状,并使该椭圆形状的长轴所通过的周边的圆弧部分成为使该椭圆形状向y轴方向膨胀那样的曲率不同的圆弧的、组合了多个具有不同的曲率的圆弧的形状。即,在与(倾斜磁场)主线圈2a的轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状,以椭圆形为基础,使该椭圆形的长轴的两端周边的圆弧部分,成为向该椭圆形的短轴方向膨胀那样的圆弧。(倾斜磁场)主线圈2a的中心轴、和(倾斜磁场)屏蔽线圈2b的中心轴,成为z轴方向,且相一致。在(倾斜磁场)主线圈2a的椭圆形的短轴的延长线上产生第1区域(宽区域)A1,在(倾斜磁场)主线圈2a的椭圆形的长轴的延长上产生第2区域(窄区域)A2。不过,z主线圈9z的剖面形状,与第1实施方式同样,x轴方向(水平方向)的宽度为最大宽度,因此在被检体40(图2参照)仰卧的情况下,由于能够在肩宽方向上留有余地地插入,因此能够提高被检体40对MRI装置100(参照图2)所感到的宽敞感。此外,与第1实施方式同样,z主线圈9z与z屏蔽线圈10z之间的间隔根据圆周方向(θ 方向)而不同,x轴上($\theta = \pi/2, 3\pi/2$ (窄区域A2))的z主线圈9z与z屏蔽线圈10z的间隔,比y轴上($\theta = 0, \pi$ (宽区域A1))上的间隔窄。

[0131] 在图13B中,示出本发明的第3实施方式所涉及的倾斜磁场线圈2B的z主线圈(第1线圈)9z的布线图案17a、17b、18a、18b的展开图的一半。在第3实施方式中,也第1实施方式同样,在宽区域A1($\theta = 0, \pi$ 附近)中,接近外侧的大致螺线管线圈形状的布线图案18a和18b,在窄区域A2($\theta = \pi/2$ 附近)中,接近零面F0($z = 0$ 面),形成绕z轴向 θ 方向前进且在z轴方向上蜿蜒的大致螺线管状线圈的布线图案17a、17b。

[0132] 在图13C中,示出本发明的第3实施方式所涉及的倾斜磁场线圈2B的z屏蔽线圈(第2线圈)10z的布线图案19的展开图的一半。在第3实施方式中,也与第1实施方式同样,z屏蔽线圈10z形成不生成z轴不贯通的环状线圈的大致螺线管状线圈的布线图案19。

[0133] 根据第3实施方式,与第1实施方式同样,z主线圈9z和z屏蔽线圈10z都不生成环状线圈,从而由于能够将连接圈间的连接布线的引绕抑制在最小限度,因此能够减小在周围的构造物中生成的涡流,并且,制造变得容易。

[0134] (第4实施方式)

[0135] 在图14A中,示出将本发明的第4实施方式所涉及的倾斜磁场线圈2C在包含x轴和y轴的平面上切断后的剖面图。第4实施方式的倾斜磁场线圈2C与第1实施方式的倾斜磁场线圈2的不同点在于,主线圈2a、特别是z主线圈9z的剖面形状为圆形形状,z主线圈9z的圆形形状的中心与z屏蔽线圈10z的圆形形状的中心不一致,不是同心圆,成为各自的圆形形状的中心在y轴方向上偏离(圆形的中心位置不同)的形状。不过,与第1实施方式同样,z主线圈9z与z屏蔽线圈10z之间的间隔根据圆周方向(θ 方向)而不同,y轴上($\theta = \pi$ (窄区域A2))的z主线圈9z与z屏蔽线圈10z的间隔,比y轴上($\theta = 0$ (宽区域A1))的间隔窄。即,在(倾斜磁场)主线圈2a和(倾斜磁场)屏蔽线圈2b的中心轴偏离的方向的进退两个方向中的一方产生了第1区域(宽区域)A1,在另一方产生了第2区域(窄区域)A2。

[0136] 在图 14B 中,示出本发明的第 4 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2C 的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案 17a、17b、18a、18b 的展开图的一半。在第 4 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,在宽区域 A1($\theta = 0$ 附近)中,接近外侧的大致螺线管线圈形状的布线图案 18a 和 18b,在窄区域 A2($\theta = \pi$ 附近)中,接近零面 F0(z=0 面),形成绕 z 轴向 θ 方向前进且在 z 轴方向上蜿蜒的大致螺线管状线圈的布线图案 17a、17b。

[0137] 在第 1 ~ 第 3 实施方式中,z 主线圈 9z 的剖面形状相对于 yz 面、xz 面为面对称,因此与 z 屏蔽线圈 10z 之间的间隔为最大间隔的区域(宽区域)A1 存在于 $\theta = 0$ 、 $\theta = \pi$ 这 2 处,在各个宽区域 A1 中,蜿蜒的布线图案 17a、17b 接近于大致螺线管线圈状的布线图案 18a、18b,而在第 4 实施方式中,与 z 屏蔽线圈 10z 之间的间隔成为最大间隔的区域(宽区域)A1 为 $\theta = 0$ 这 1 处,因此该宽区域 A1 仅在一处,蜿蜒的布线图案 17a、17b 接近大致螺线管线圈状的布线图案 18a、18b。

[0138] 在图 14C 中,示出本发明的第 4 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2C 的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案 19 的展开图的一半。在第 4 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,z 屏蔽线圈 10z 形成不生成 z 轴不贯通的环状线圈的大致螺线管状线圈的布线图案 19。

[0139] 根据第 4 实施方式,与第 1 实施方式同样,z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 都不生成环状线圈,从而由于能够将连接圈间的连接布线的引绕抑制在最小限度,因此能够减小在周围的构造物中生成的涡流,并且,制造变得容易。

[0140] (第 5 实施方式)

[0141] 在图 15A 中,示出将本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2D 在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。第 5 实施方式的倾斜磁场线圈 2D 与第 1 实施方式的倾斜磁场线圈 2 的不同点在于,主线圈 2a、特别是 z 主线圈 9z 的剖面形状,在上部和下部组合了曲率不同的圆弧。使下部的圆弧的(曲率)半径比上部的圆弧大。并且,使 y 轴的正的区域的开口面积比负的区域的开口面积大。即,在与(倾斜磁场)主线圈 2a 的轴方向垂直的平面上切断后的剖面形状,以圆形为基础,使该圆形的大致下半部分的圆弧部分,成为比该圆形的半径大的半径的圆弧。(倾斜磁场)主线圈 2a 的剖面形状的基础圆形和(倾斜磁场)屏蔽线圈 2b 的剖面形状的圆形的中心一致。在(倾斜磁场)主线圈 2a 的基础圆形一侧产生第 2 区域(窄区域)A2,在比(倾斜磁场)主线圈 2a 的基础圆形的半径大的半径的圆弧一侧产生第 1 区域(宽区域)A1。由此,在被检体 40 仰卧的情况下,能够使下部的圆弧与被检体 40 的后背相吻合,并且,在被检体 40 的脸部的前方能够确保充分的空间。此外,与第 1 实施方式同样,z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 之间的间隔根据圆周方向(θ 方向)而不同,y 轴上($\theta = \pi$ (窄区域 A2))的 z 主线圈 9z 与 z 屏蔽线圈 10z 的间隔比 y 轴上($\theta = 0$ (宽区域 A1))的间隔窄。

[0142] 在图 15B 中,示出本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2D 的 z 主线圈(第 1 线圈)9z 的布线图案 17a、17b、18a、18b 的展开图的一半。在第 5 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,在宽区域 A1($\theta = 0$ 附近)中,接近外侧的大致螺线管线圈形状的布线图案 18a 和 18b,在窄区域 A2($\theta = \pi$ 附近)中,接近零面 F0(z=0 面),形成绕 z 轴向 θ 方向前进且在 z 轴方向上蜿蜒的大致螺线管状线圈的布线图案 17a、17b。

[0143] 在第 5 实施方式中,与第 4 实施方式同样,与 z 屏蔽线圈 10z 之间的间隔成为最大间隔的区域(宽区域)A1 为 $\theta = 0$ 这 1 处,因此该宽区域 A1,仅在一处,蜿蜒的布线图案

17a、17b 接近大致螺线管线圈状的布线图案 18a、18b。

[0144] 在图 15C 中示出本发明的第 5 实施方式所涉及的倾斜磁场线圈 2D 的 z 屏蔽线圈(第 2 线圈)10z 的布线图案 19 的展开图的一半。在第 5 实施方式中,也与第 1 实施方式同样,z 屏蔽线圈 10z 形成不生成 z 轴不贯通的环状线圈的大致螺线管状线圈的布线图案 19。

[0145] 根据第 5 实施方式,与第 1 实施方式同样地,z 主线圈 9z 和 z 屏蔽线圈 10z 都不生成环状线圈,从而由于能够将连接圈间的连接布线的引绕抑制在最小限度,因此能够减小在周围的构造物中生成的涡流,并且,制造变得容易。

[0146] (第 6 实施方式)

[0147] 以下,利用图 16A、图 16B、图 17、图 18A、图 18B、图 19A 以及图 19B,对本发明的其他实施方式的水平磁场型的 MRI 装置进行说明。

[0148] 本实施方式的 MRI 装置,具有将第 1 实施方式的 MRI 装置中的倾斜磁场线圈 2 替换为倾斜磁场线圈 2E 的构成。对于本实施方式的倾斜磁场线圈 2E,利用图 17 进行说明。图 17 是将本实施方式的倾斜磁场线圈 2E 在包含 x 轴和 y 轴的平面上切断后的剖面图。

[0149] 倾斜磁场线圈 2E 配置在真空容器 6 的外部且比真空容器 6 更接近摄像区域 7 的位置。该倾斜磁场线圈 2E,从接近摄像空间 7 的一侧开始依次具有倾斜磁场主线圈 9(9x、9y、9z)、倾斜磁场屏蔽线圈 10(10x、10y、10z)。本实施方式所示的倾斜磁场线圈 2E 的剖面形状,是倾斜磁场主线圈 9(9x、9y、9z) 为椭圆形、倾斜磁场屏蔽线圈 10(10x、10y、10z) 为圆形的情况。倾斜磁场主线圈 9(9x、9y、9z) 具有 x 轴方向为长轴、y 轴方向为短轴的椭圆形状。倾斜磁场线圈 2E 形成相对于与静磁场 8 平行的磁场分量,分别在 x 轴方向、y 轴方向、z 轴方向上线性地变化的倾斜磁场。具体来说,倾斜磁场主线圈 9 由在 x 轴方向生成倾斜磁场的 x 倾斜磁场主线圈(x 主线圈)9x、在 y 轴方向生成倾斜磁场的 y 倾斜磁场主线圈(y 主线圈)9y、在 z 轴方向生成倾斜磁场的 z 倾斜磁场主线圈(z 主线圈)9z 构成,在各自的剖面方向上隔着绝缘层而层叠。倾斜磁场屏蔽线圈 10 由抑制倾斜磁场主线圈 9 所生成的磁场泄露到倾斜磁场线圈 2E 的外部的 x 倾斜磁场屏蔽线圈(x 屏蔽线圈)10x、y 倾斜磁场屏蔽线圈(y 屏蔽线圈)10y、z 倾斜磁场屏蔽线圈(z 屏蔽线圈)10z 构成,分别在剖面方向上夹持绝缘层而层叠。

[0150] x 倾斜磁场线圈的 x 主线圈 9x 以及 x 屏蔽线圈 10x 分别在相对于 z = 0 对称面、x = 0 对称面分别对称的位置配置 4 个具有漩涡状鞍型的形状的线圈(漩涡状鞍型线圈)。y 倾斜磁场线圈的 y 主线圈 9y 以及 y 屏蔽线圈 10y,与 x 倾斜磁场线圈形状不同,是将 x 倾斜磁场线圈相对于 z 轴旋转了 90 度的形状。

[0151] 接着,利用图 16A、图 16B、图 18A、图 18B、图 19A 以及图 19B,对本实施方式的倾斜磁场线圈 2E 的布线图案进行说明。x 倾斜磁场线圈的 x 主线圈 9x(图 18A)、x 屏蔽线圈 10x(图 18B) 分别是具有漩涡状的鞍型的形状的线圈(鞍型线圈)。此外,y 倾斜磁场线圈的 y 主线圈 9y(图 19A)、y 屏蔽线圈 10y(图 19B) 也分别是漩涡状的鞍型线圈。以上的 x 倾斜磁场线圈以及 y 倾斜磁场线圈的布线图案,虽然圈数与倾斜磁场主线圈以及倾斜磁场屏蔽线圈的剖面形状为圆形的情况不同,但成为几乎相同的漩涡状鞍型线圈。在此,没有显示连接各自的电流回路的连接部。

[0152] 另一方面,本实施方式的 z 倾斜磁场线圈 10 的布线图案,与倾斜磁场线圈的剖面形状为圆形的现有技术的 z 主线圈以及 z 屏蔽线圈的布线图案相比有很大不同。在描述其

差别时,作为本实施方式的倾斜磁场线圈与比较例 1(图 7、图 8A、图 8B) 以及比较例 2(图 9A 以及图 9B) 的差别在以下进行说明。

[0153] 比较例 1,如图 7 所示, z 主线圈、z 屏蔽线圈的剖面形状都为圆形,因此 z 主线圈的布线图案 11(图 8A) 和 z 屏蔽线圈的布线图案 12(图 8B) 所形成的磁场分布在圆周方向上一样。因此,比较例 1 的这两个布线图案在与 z 轴垂直的面内具有圆形的电流流路,形成将该电流流路在 z 方向堆积而成的螺线管状线圈。在图 7、图 8A、图 8B 中,没有显示连接相邻的圆形的电流流路的连接部。

[0154] 接着,作为比较例 2,针对作为 x-y 平面的剖面形状中的 z 倾斜磁场线圈的布线图案,利用图 9A、图 9B 来进行说明。在图 9A 中示出比较例 2 的 z 主线圈的布线图案 13、14 的展开图,在图 9B 中示出比较例 2 的 z 屏蔽线圈的布线图案 15、16 的展开图。这是如专利文献 2 所记载的那样的、存在主线圈与屏蔽线圈的间隔较窄的部分和较宽的部分的情况,在间隔较窄的 x 方向上,各个线圈所形成的磁场变强。因此,在比较例 2 中,按照重现该磁场的方式,若为 z 主线圈则如布线图案 14 那样,若为 z 屏蔽线圈则为布线图案 16 那样,形成跨越 z = 0 面的环。此外,除此之外的 z 主线圈的布线图案 13、z 屏蔽线圈的布线图案 15,在圆筒面上或者椭圆筒面上形成绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状线圈。在图 9A,图 9B 中,与图 7、图 8A、图 8B 同样,没有显示连接相邻的电流流路的连接部。

[0155] 利用图 16A、图 16B、图 21 以及图 22 对本实施方式的倾斜磁场线圈的 z 主线圈进行说明。在图 16A 中示出本实施方式的倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的展开图,在图 16B 中示出 z 屏蔽线圈的布线图案的展开图。本实施方式是图 17 所示的剖面形状(x-y 平面上的剖面形状) 中的 z 倾斜磁场线圈的布线图案。z 主线圈的布线图案 117,如图 16A 所示,在与 z 轴垂直的面内具有在 x 方向上横长的椭圆形的电流流路,形成将该电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状线圈。另一方面,z 屏蔽线圈的布线图案 118,如图 16B 所示,在圆筒面上形成绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状线圈,布线图案 119 形成跨越 z = 0 面的环。像这样,z 屏蔽线圈,具有在 z 轴方向上在磁共振成像装置的中心附近形成为鞍状(形成环),在形成为鞍状的区域外在圆筒面上形成为绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状的布线图案。换言之,z 屏蔽线圈,如图 22(a) 所示,沿着床装置 41 的行进方向依次具有:在圆筒面上形成为绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状的布线部;形成为鞍状的布线部;在圆筒面上形成为绕 z 轴蜿蜒的大致螺线管状的布线部。在本实施方式的图 16A、图 16B 中也没有显示连接相邻的电流流路的连接部。

[0156] 根据本实施方式,z 主线圈在与 z 轴垂直的面内具有在 x 方向上横长的椭圆形的电流流路,通过采用将该电流流路在 z 方向上堆积而成螺线管状,能够将导体的布线简单化。此外,螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外,在圆周方向上导体的 z 位置固定,因此制造上变得容易。并且,由于 z 主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小,因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0157] 以下,通过比较 z 倾斜磁场线圈所形成的磁通密度来确认该效果。图 20(a) 示出了 xz 面上的比较例 2 的 z 倾斜磁场线圈所形成的磁通密度的 z 分量的等高线。等高线的宽度在 1(mT) 以上、-1(mT) 以下为 1(mT) 间隔,除此之外为 0.1(mT) 间隔。图 20(b) 是本实施方式中的磁通密度 z 分量的等高线。这两者几乎为相同的分布,为了更详细地比较,如图 20(c) 那样示出对从摄像区域的中心部向轴方向延伸的线段上的磁通密度 z 分量进行了

绘制而得到的图。在图 20(c) 中,用菱形绘制的是比较例 2 的分布,用正方形绘制的是本实施方式的分布,用三角形绘制的是理想分布。从轴方向的某位置 z_m 上的理想分布可知,本实施方式的值小于比较例 2 的值,本实施方式的 z 倾斜磁场线圈形成高精度的磁场分布。

[0158] 关于以上说明了的本实施方式的 z 倾斜磁场线圈的构造在以下进行说明。图 21(a) 是标注了在 z 方向上堆积的椭圆形电流流路的连接部来显示了本实施方式的 z 倾斜磁场线圈的 z 主线圈的布线图案的图。电流流过与 z 轴平行且设置在 y 方向上的连接布线 120, 从 $z < 0$ 的区域的椭圆形流路的布线流过 $z > 0$ 的椭圆形流路的布线 121, 到达连接布线 122。在此, 连接部设置在 x 方向、y 方向的哪一个方向上都可以, 但由于比起 z 主线圈与 z 屏蔽线圈的间隔较窄 x 方向, 间隔较宽的 y 方向在设置空间上更充裕, 因此设置在 y 方向上最为理想。图 21(b) 示出了本实施方式的 z 主线圈的导体的一部分。导体 123 采用在内部流动制冷剂 124 的构造最为理想。其理由在以下说明。在摄像时, 在倾斜磁场线圈的导体中流动的电流的振幅为数 100(A), 对其进行驱动的电压为 1000(V) 程度, 由于这样的高电力, 因此无法无视导体内部的发热量, 必须设置对导体进行冷却的机构。另一方面, 配置在收纳超导线圈的中空圆筒容器与摄像区域之间的倾斜磁场线圈的设置空间有限。因此, 优选采用不需要另外设置冷却管的本实施方式的构造。以后, 假设 z 倾斜磁场线圈由该导体构成。

[0159] z 主线圈, 如图 21(a) 所示, 除了连接布线 120 之外, 能够使布线一次也不交叉地形成。另外, 由于连接布线 120 被设置在设置空间充裕的 y 方向, 因此设置空间上不成问题。另一方面, z 屏蔽线圈由于大致上螺线管状布线与环状布线混合存在, 故而布线交叉。因此, 产生无法收纳在设置空间中的部分。以下, 对其解决方法进行说明。

[0160] 图 22(a) 是标注了连接部地显示了本实施方式的 z 倾斜磁场线圈的 z 屏蔽线圈的布线图案的图。电流流过与 z 轴平行且设置在 y 方向上的连接布线 125, 从 $z > 0$ 的区域的大致螺线管状布线 126 经由环状布线 127a, 流过 $z < 0$ 的大致螺线管状布线以及环状布线 127b, 到达连接布线 128。在此, 与 z 主线圈同样, 连接部设置在 x 方向、y 方向的哪一个方向都可以, 但由于比起 z 主线圈与 z 屏蔽线圈的间隔较窄的 x 方向, 间隔较宽的 y 方向在设置空间上更充裕, 因此设置在 y 方向上最为理想。此外, 在本实施方式中, 环状布线 127a 与 $z > 0$ 的区域的大致螺线管状布线连接, 环状布线 127b 与 $z < 0$ 的区域的大致螺线管状布线连接, 但也可以将环状布线 127a 与 $z < 0$ 的区域的大致螺线管状布线连接, 将环状布线 127b 与 $z > 0$ 的区域的大致螺线管状布线连接。图 22(b) 示出了本实施方式的 z 屏蔽线圈的导体形状的一部分。z 屏蔽线圈如图 22(a) 所示, 通过大致螺线管状线圈与环状线圈的组合而形成。大致螺线管状的部分, 能够采用像导体 129 那样在导体内部流动制冷剂 124 的构造, 但若想要在环状导体 130 的部分使用导体 129 的构造, 则在从外侧漩涡状地卷绕导体并到达中心之后朝向外侧时, 布线会发生交叉, 因此无法收纳在倾斜磁场线圈的设置空间中。因此, 由切掉了作为不流过电流的区域的槽之后的薄板状的导体来形成环状线圈。将该环状线圈与螺线管状线圈电接合来形成 z 屏蔽线圈。此时, 按照电流从导体 129 流入到导体 130 的方式, 在导体 130 的附近设置绝缘层 131。像这样, 在 z 屏蔽线圈内, 对于成为大致螺线管状的部分, 在内部流动制冷剂来使其具有冷却功能, 对于成为环的部分, 通过使用薄的导体, 能够使倾斜磁场线圈的设置空间充裕。

[0161] 根据本实施方式, 通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形

成的电流流路在 z 方向堆积而成的螺线管状,能够使导体的布线简单化。此外,螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外,在圆周方向上导体的 z 位置固定,因此制造上变得容易。并且,由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小,因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0162] 根据本实施方式,因为与实施方式 1 同样地具备倾斜磁场屏蔽线圈 10x、10y、10z,所以能够抑制倾斜磁场主线圈 9x、9y、9z 所生成的脉冲状的磁场泄露到倾斜磁场线圈的外部的情况,能够抑制在覆盖静磁场线圈装置 1 的容器(氦容器、辐射屏蔽、真空容器)中产生涡流,并能够得到希望的倾斜磁场分布。此外,通过在倾斜磁场主线圈与静磁场线圈装置 1 之间配置倾斜磁场屏蔽线圈,能够抑制在静磁场线圈装置 1 中流过的电流和从倾斜磁场主线圈泄露的磁场所产生的振动电磁力导致的静磁场线圈装置 1 的振动,能够防止在摄像区域中形成的均匀磁场随时间而变动。

[0163] (第 7 实施方式)

[0164] 以下,利用图 23 对本发明的其他实施方式的水平磁场型的 MRI 装置进行说明。

[0165] 本实施方式的 MRI 装置具有将第 6 实施方式的 MRI 装置中的倾斜磁场线圈 2E 替换为倾斜磁场线圈 2F 的构成。即,在第 6 实施方式中,说明了倾斜磁场线圈 2E 之中倾斜磁场主线圈 9 的剖面形状为椭圆形、倾斜磁场屏蔽线圈 10 的剖面形状为圆形的情况,但本实施方式的倾斜磁场线圈 2F,如图 23(a) 所示,具有倾斜磁场主线圈 9 为跑道形状,倾斜磁场屏蔽线圈 10 为圆形形状的构成。该倾斜磁场主线圈 9 具有 x 轴方向为长轴、y 轴方向为短轴的跑道形状,因此进一步提高了 MRI 装置的宽敞度。本实施方式的倾斜磁场线圈 2F,倾斜磁场主线圈 9 与倾斜磁场屏蔽线圈 10 之间的间隔也根据圆周方向而不同,是 x 轴上的倾斜磁场主线圈 9 与倾斜磁场屏蔽线圈 10 的间隔比 y 轴上的间隔窄的构成。同样,z 主线圈与 z 屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同。

[0166] 在图 23(a) 中示出本实施方式的倾斜磁场线圈 2F 的剖面形状,关于该剖面形状所能得到的 z 倾斜磁场线圈,z 主线圈具有图 23(b) 所示的布线图案,z 屏蔽线圈具有图 23(c) 所示的布线图案。本实施方式,与第 6 实施方式同样,z 主线圈的布线图案 117 能够形成为将与 z 轴垂直的面内的电流流路在 z 方向堆积而成的螺线管状。此外,z 屏蔽线圈与第 6 实施方式同样,由成为大致螺线管状的布线图案 118、和形成环的布线图案 119 构成。

[0167] 根据本实施方式,通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形成的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状,能够将导体的布线简单化。此外,螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外,在圆周方向上导体的 z 位置固定,因此制造上变得容易。并且,由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小,因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0168] 根据本实施方式,能够获得与第 6 实施方式同样的效果。

[0169] (第 8 实施方式)

[0170] 以下,利用图 24 对本发明的其他实施方式的水平磁场型的 MRI 装置进行说明。

[0171] 本实施方式的 MRI 装置,具有将第 6 实施方式的 MRI 装置中的倾斜磁场线圈 2E 替换为倾斜磁场线圈 2G 的构成。本实施方式的倾斜磁场线圈 2G,如图 24(a) 所示,具有如下构成:倾斜磁场主线圈 9(9x、9y、9z) 是对圆弧进行了组合的形状,倾斜磁场屏蔽线圈 10(10x、10y、10z) 是圆形形状。该倾斜磁场主线圈 9 的剖面形状,具有椭圆形状和对该椭圆形状的

长轴部分进一步组合了圆弧的形状（组合了多个具有不同的曲率的圆弧的形状）。像这样，关于本实施方式的倾斜磁场线圈 2G，倾斜磁场主线圈 9 与倾斜磁场屏蔽线圈 10 之间的间隔也根据圆周方向而不同，是 x 轴上的倾斜磁场主线圈 9 与倾斜磁场屏蔽线圈 10 的间隔比 y 轴上的间隔窄的构成。同样，具有 z 主线圈与 z 屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同的形状。

[0172] 在图 24(a) 中示出本实施方式的倾斜磁场线圈 2G 的剖面形状，关于以该剖面形状所能得到的 z 倾斜磁场线圈，z 主线圈具有图 24(b) 所示的布线图案，z 屏蔽线圈具有如图 24(b) 所示的布线图案。本实施方式，与第 6 实施方式同样，z 主线圈的布线图案 117 能够形成为将与 z 轴垂直的面内的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状。此外，z 屏蔽线圈与第 6 实施方式同样，由成为大致螺线管状的布线图案 118、和形成环的布线图案 119 构成。

[0173] 根据本实施方式，通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形成的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状，能够将导体的布线简单化。此外，螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外，在圆周方向上导体的 z 位置固定，因此制造上变得容易。并且，由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小，因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0174] 根据本实施方式，能够获得与第 6 实施方式同样的效果。

[0175] （第 9 实施方式）

[0176] 以下，利用图 25 对本实施方式的其他实施方式的水平磁场型的 MRI 装置进行说明。

[0177] 本实施方式的 MRI 装置具有将第 6 实施方式的 MRI 装置中的倾斜磁场线圈 2E 替换为倾斜磁场线圈 2H 的构成。本实施方式的倾斜磁场线圈 2H，如图 25 所示，倾斜磁场主线圈 9(9x, 9y, 9z) 以及倾斜磁场屏蔽线圈 10(10x, 10y, 10z) 的剖面形状虽然都具有圆形形状，但这些圆形不是同心圆，具有各个圆形的中心在 y 轴方向上偏离（圆形的中心位置不同）的形状。本实施方式的倾斜磁场线圈 2H 也是倾斜磁场主线圈 9 与倾斜磁场屏蔽线圈 10 之间的间隔根据圆周方向而不同的构成。同样，本实施方式的 z 主线圈、z 屏蔽线圈的剖面形状虽然都为圆形但不是同心圆，因此具有 z 主线圈与 z 屏蔽线圈的间隔在圆周方向上不同的形状。

[0178] 在图 25(a) 中示出本实施方式的倾斜磁场线圈 2H 的剖面形状，关于该剖面形状所能得到的 z 倾斜磁场线圈，z 主线圈具有图 25(b) 所示的布线图案，z 屏蔽线圈具有图 25(b) 所示的布线图案。本实施方式，与第 6 实施方式同样，z 主线圈的布线图案 117 能够形成为将与 z 轴垂直的面内的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状。此外，z 屏蔽线圈由成为大致螺线管状的布线图案 118 和形成环的布线图案 119 构成。

[0179] 在第 6、7、8 的实施方式中，z 主线圈剖面形状相对于 yz 面、xz 面对称，因此与 z 屏蔽线圈最近的区域存在 +x 方向、-x 方向这两处，在各自的区域中形成了 1 个或者多个布线图案 119，但在本实施方式中，z 主线圈与 z 屏蔽线圈最近的区域为 +y 方向 1 处，因此仅在该区域中形成布线图案 119。

[0180] 根据本实施方式，通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形成的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状，能够将导体的布线简单化。此外，螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外，在圆周方向上导体的 z 位置固定，因此制造上

变得容易。并且，由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小，因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0181] 根据本实施方式，能够获得与第 6 实施方式同样的效果。

[0182] (第 10 实施方式)

[0183] 以下，利用图 26 对本发明的其他实施方式的水平磁场型的 MRI 装置进行说明。

[0184] 本实施方式的 MRI 装置，具有将第 6 实施方式的 MRI 装置中的倾斜磁场线圈 2E 替换为倾斜磁场线圈 2I 的构成。本实施方式的倾斜磁场线圈 2I，如图 26(a) 所示，具有如下构成：倾斜磁场主线圈 9(9x、9y、9z) 的剖面形状具有对椭圆弧进行了组合的形状，倾斜磁场屏蔽线圈 10(10x、10y、10z) 为圆形形状。该倾斜磁场主线圈 9 的剖面形状，具有上部的椭圆和下部的椭圆不同的形状。如本实施方式这样，通过使上部的椭圆形状比下部的椭圆形状大（在图 26(a) 所示的剖面形状中，使 y 轴的正的区域的开口面积比负的区域的开口面积大），能够较宽地获得被检体 40 所能够通过的区域。

[0185] 在图 26(a) 中示出本实施方式的倾斜磁场线圈 2I 的剖面形状，关于该剖面形状所能得到的 z 倾斜磁场线圈，z 主线圈具有图 26(b) 所示的布线图案，z 屏蔽线圈具有图 26(c) 所示的布线图案。本实施方式，与第 6 实施方式同样，z 主线圈的布线图案 117 能够形成为将与 z 轴垂直的面内的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状。此外，z 屏蔽线圈与第 9 实施方式同样，由成为大致螺线管状的布线图案 118 和形成环的布线图案 119 构成。另外，布线图案 119 仅在 +y 方向 1 处形成。

[0186] 根据本实施方式，通过使 z 倾斜磁场线圈的主线圈成为将在与 z 轴垂直的面内形成的电流流路在 z 方向上堆积而成的螺线管状，能够将导体的布线简单化。此外，螺线管状线圈除了与相邻的布线图案的连接部之外在圆周方向上导体的 z 位置固定，因此制造上变得容易。并且，由于主线圈在摄像区域中形成的磁场分布的变形变小，因此在摄像时能够高精度地获得剖面信息。

[0187] 根据本实施方式，能够获得与第 6 实施方式同样的效果。

【符号说明】

[0189] 1 静磁场线圈装置

[0190] 2 倾斜磁场线圈

[0191] 2a 倾斜磁场主线圈

[0192] 2b 倾斜磁场屏蔽线圈

[0193] 3 RF 线圈

[0194] 4 氦容器

[0195] 5 辐射屏蔽

[0196] 6 真空容器

[0197] 7 摄像区域

[0198] 8 静磁场

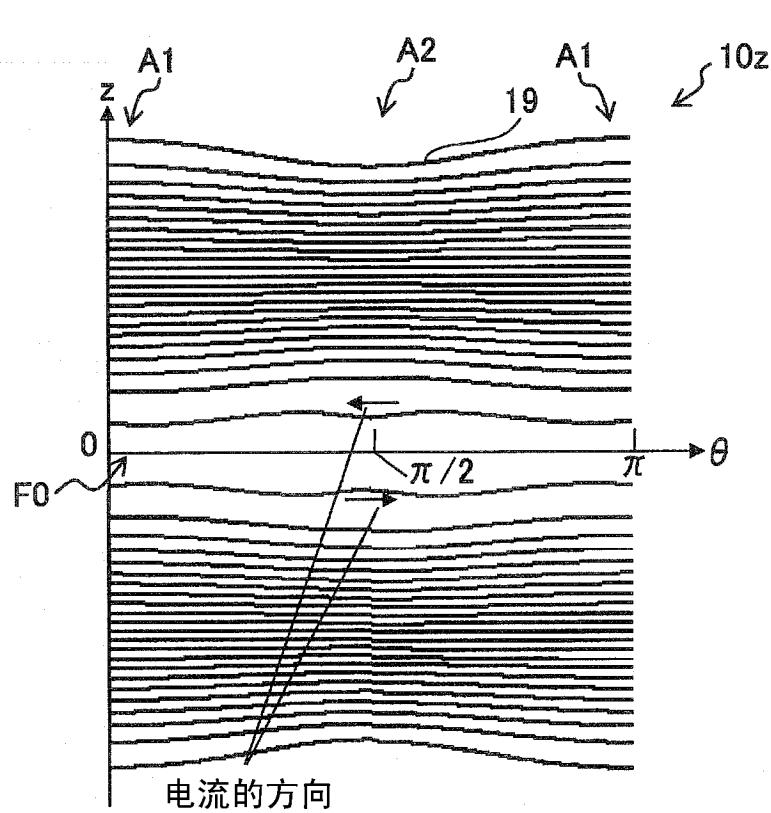
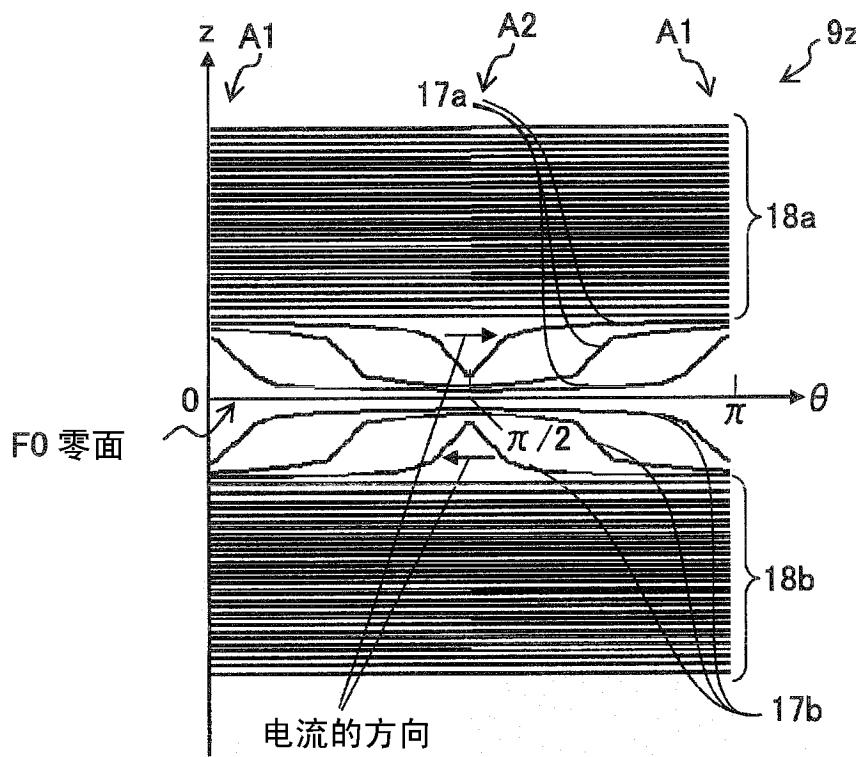
[0199] 9x x 主线圈

[0200] 9y y 主线圈

[0201] 9z z 主线圈（第 1 线圈）

[0202] 10x x 屏蔽线圈

- [0203] 10y y 屏蔽线圈
- [0204] 10z z 屏蔽线圈（第 2 线圈）
- [0205] 17 ~ 19、117 ~ 119 布线图案
- [0206] 20 ~ 27、120、122、125、128 连接布线
- [0207] 28 渡线
- [0208] 40 患者（被检体）
- [0209] 41 床（装置）
- [0210] 100 磁共振成像 (MRI) 装置
- [0211] 121 椭圆形流路的布线
- [0212] 123 导体
- [0213] 124 制冷剂
- [0214] 126 大致螺线管状布线
- [0215] 127a、127b 环状布线
- [0216] 129 导体
- [0217] 130 环状导体
- [0218] 131 绝缘层
- [0219] A1 宽区域（第 1 区域）
- [0220] A2 窄区域（第 2 区域）
- [0221] F0 零面



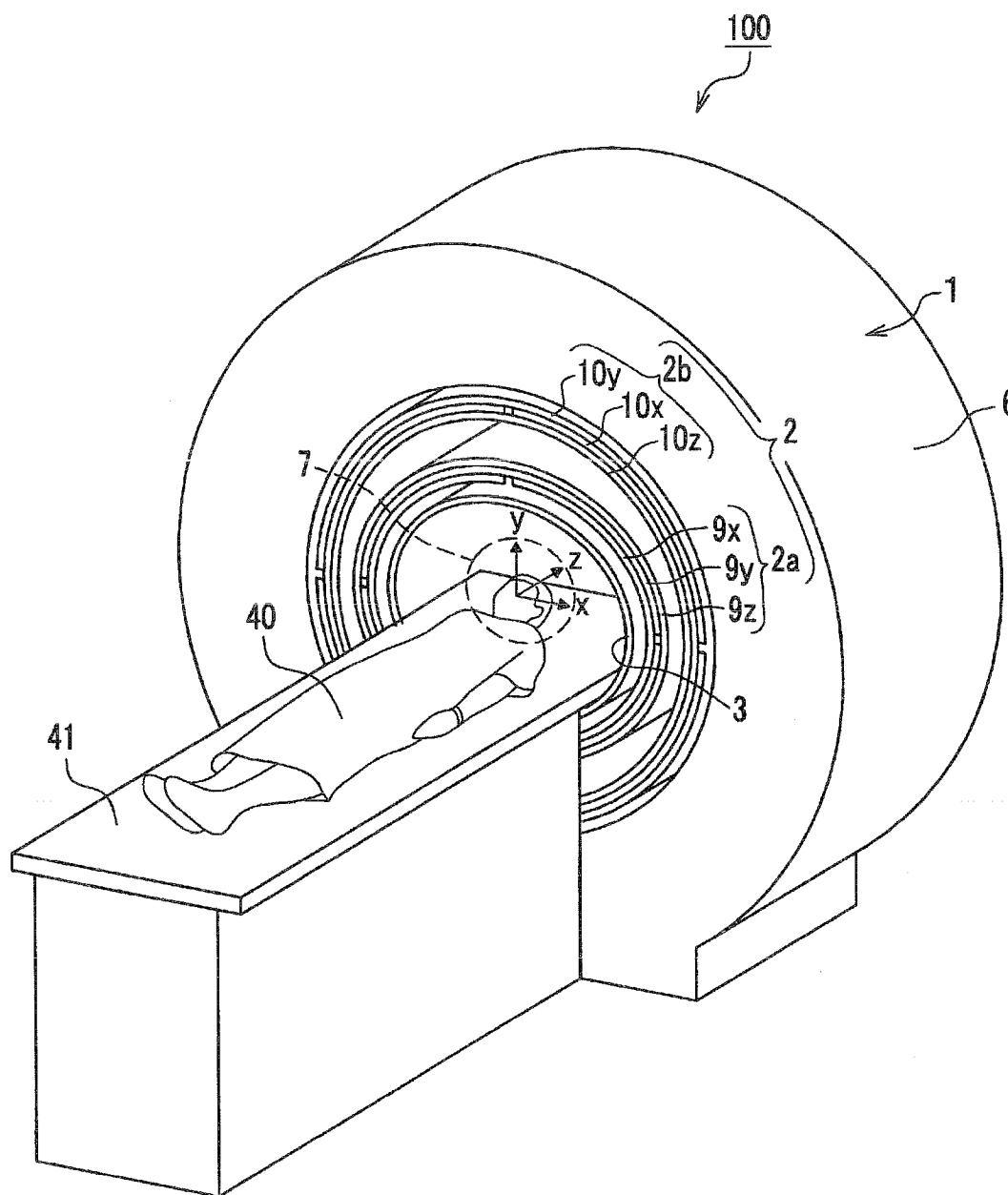


图 2

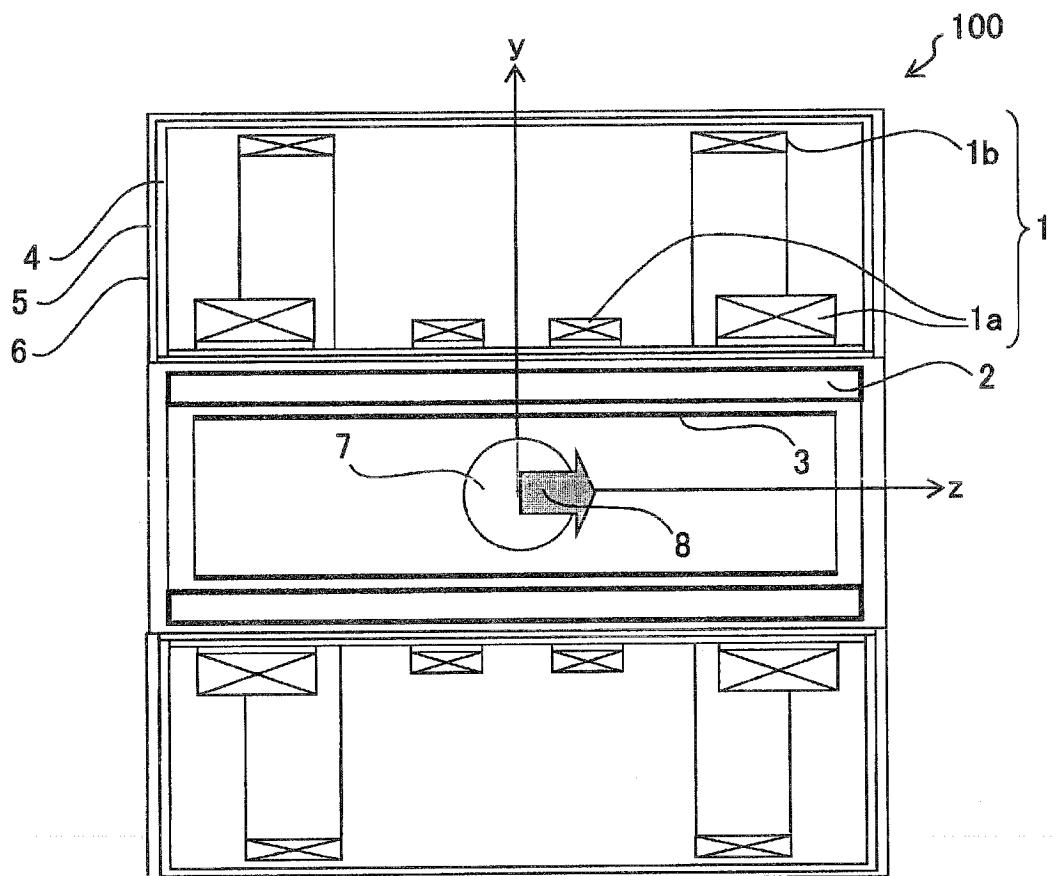


图 3

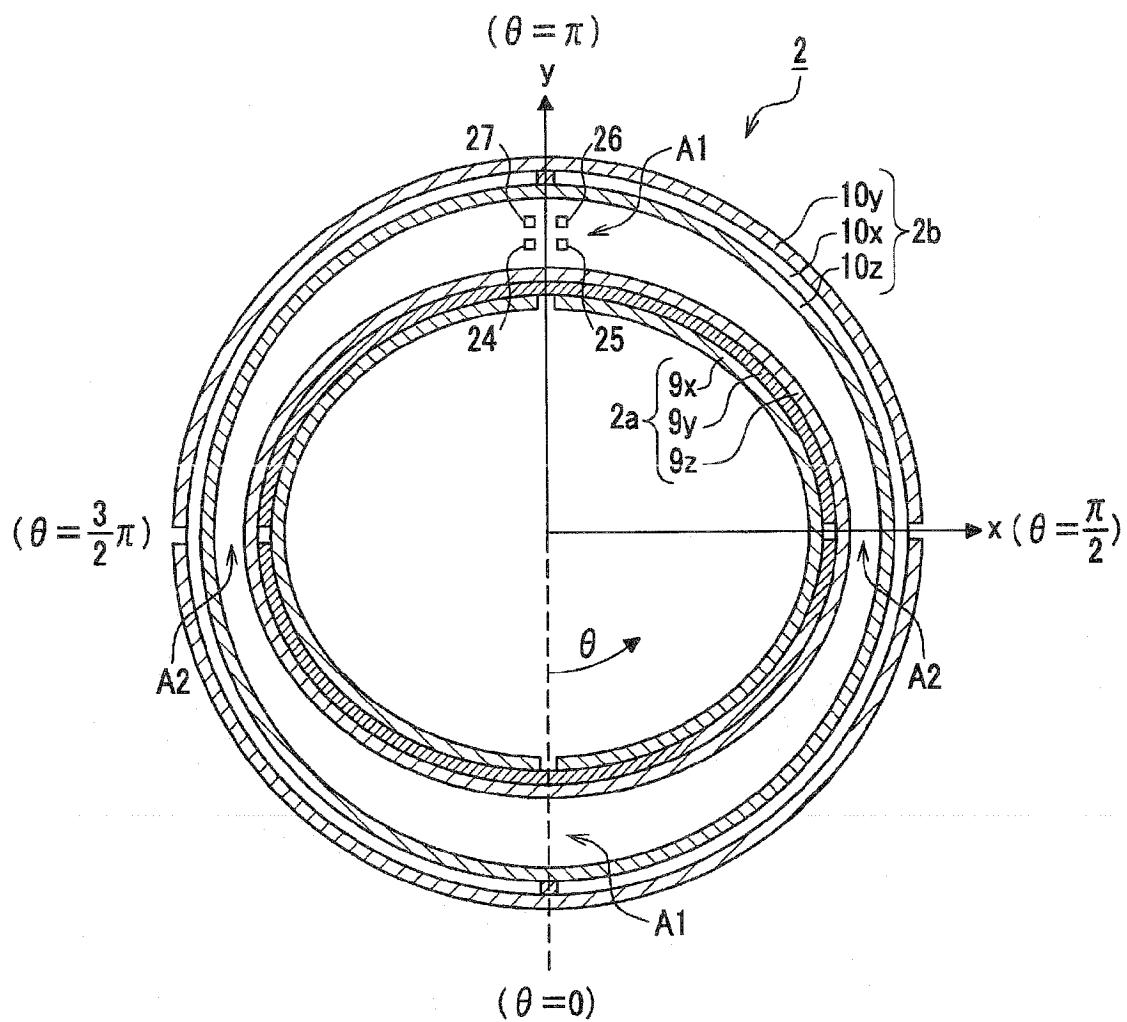


图 4

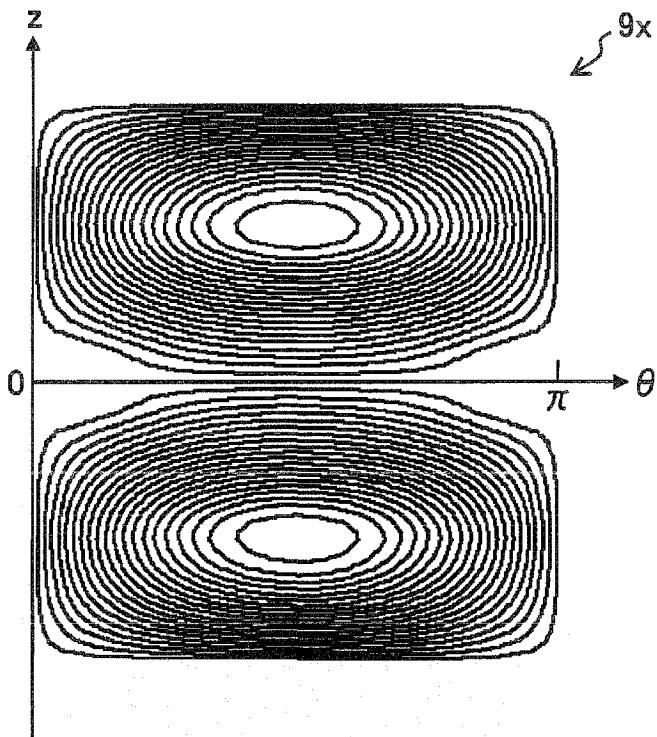


图 5A

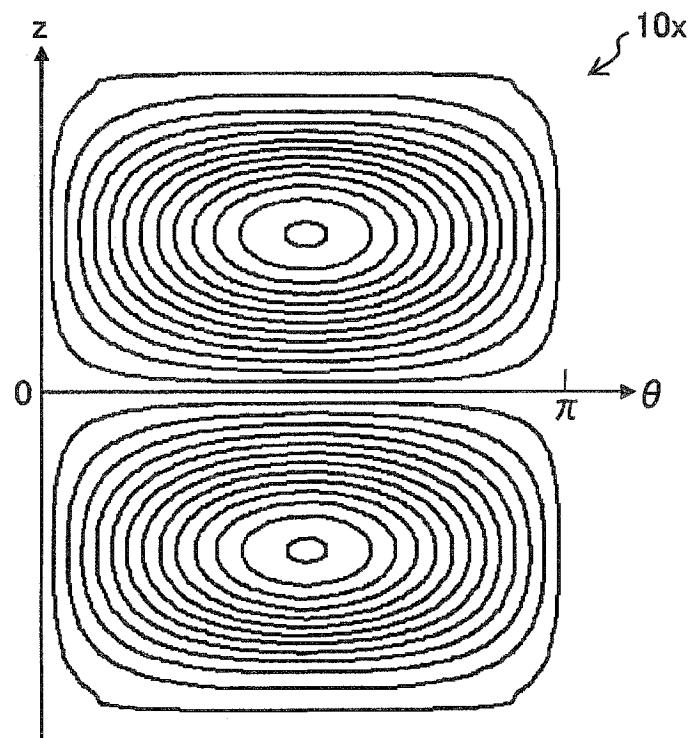


图 5B

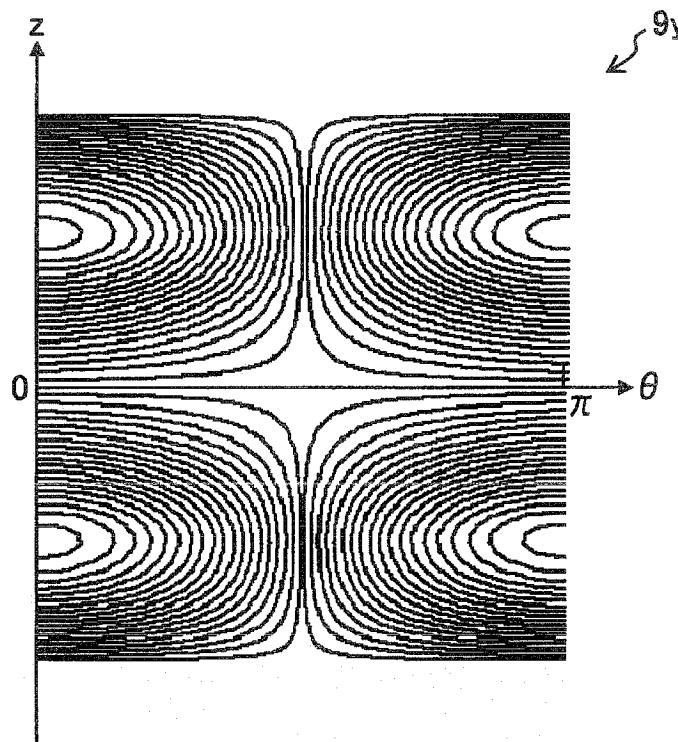


图 6A

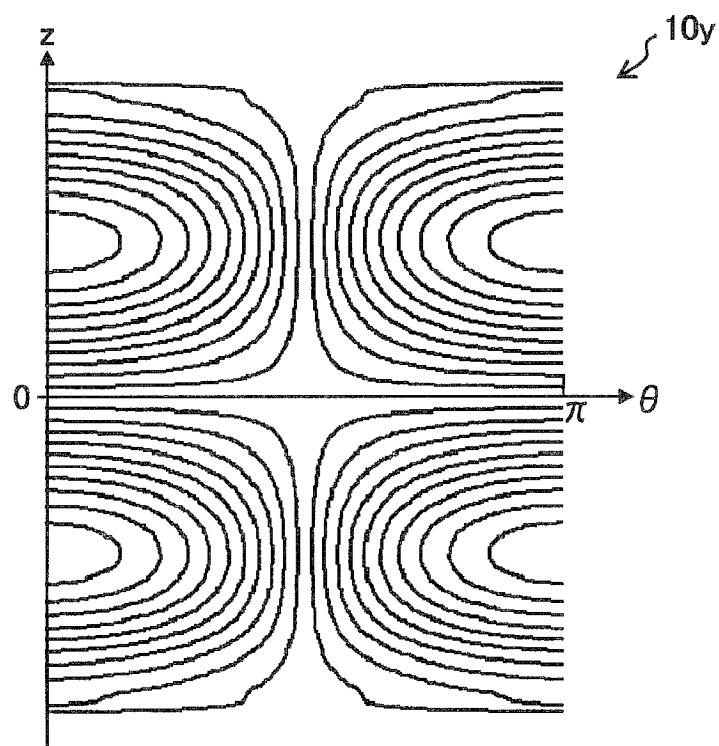


图 6B

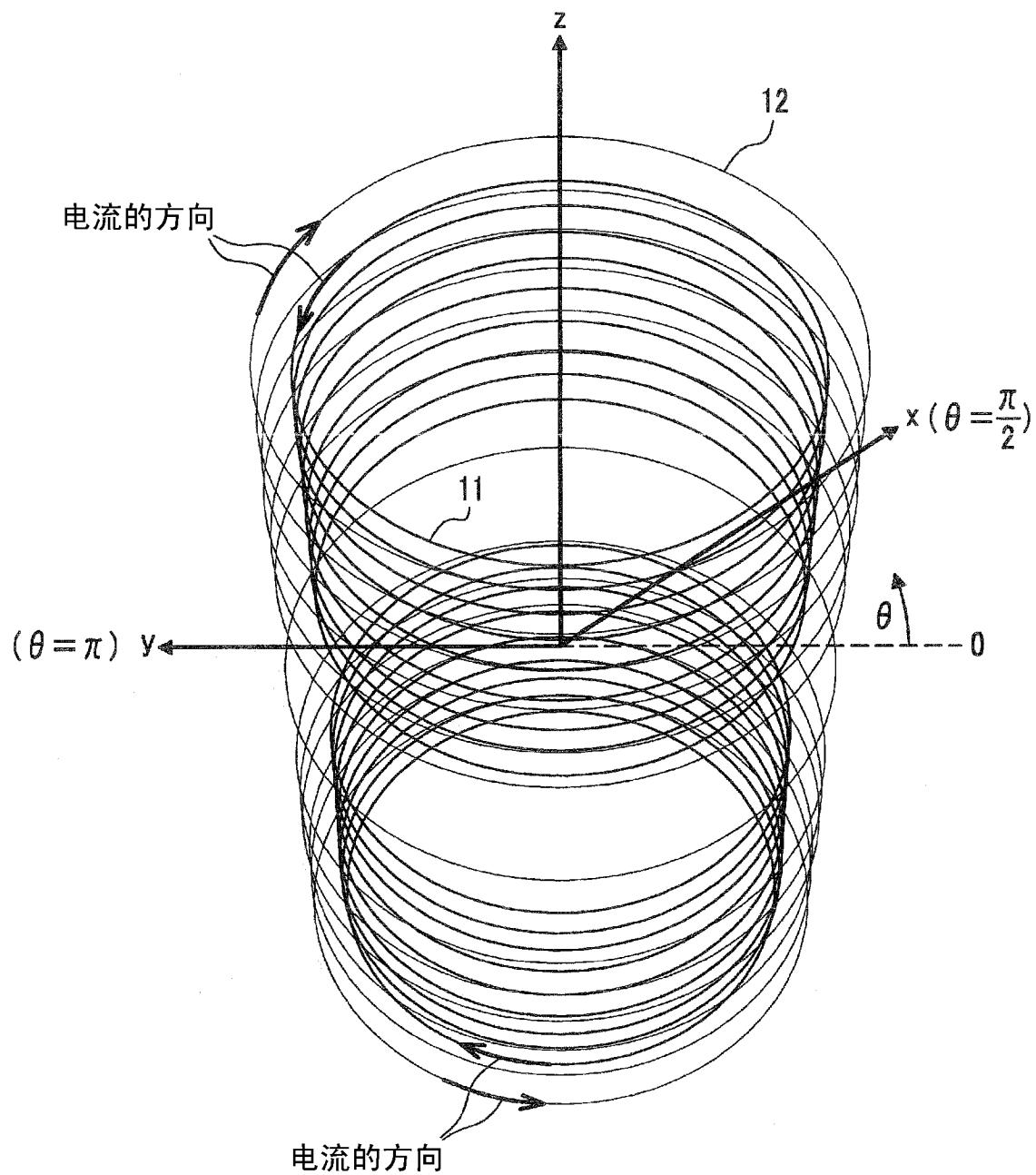


图 7

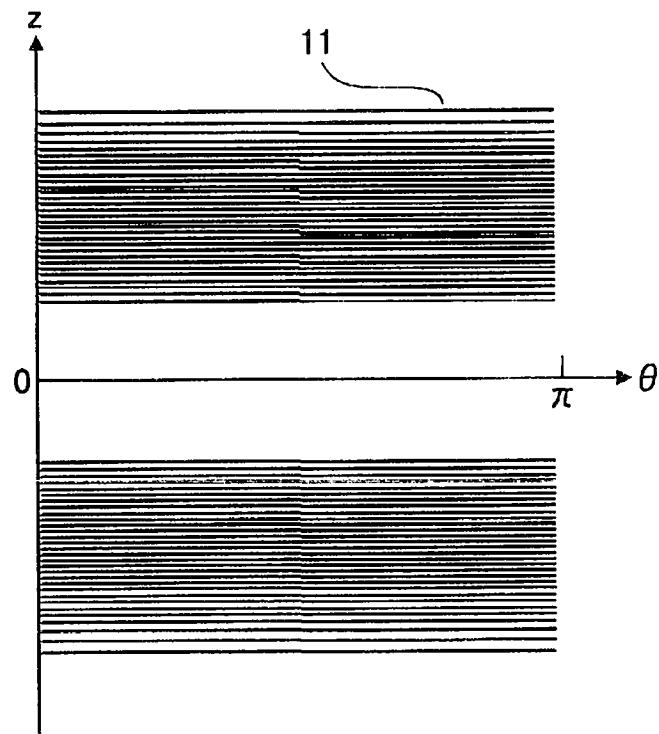


图 8A

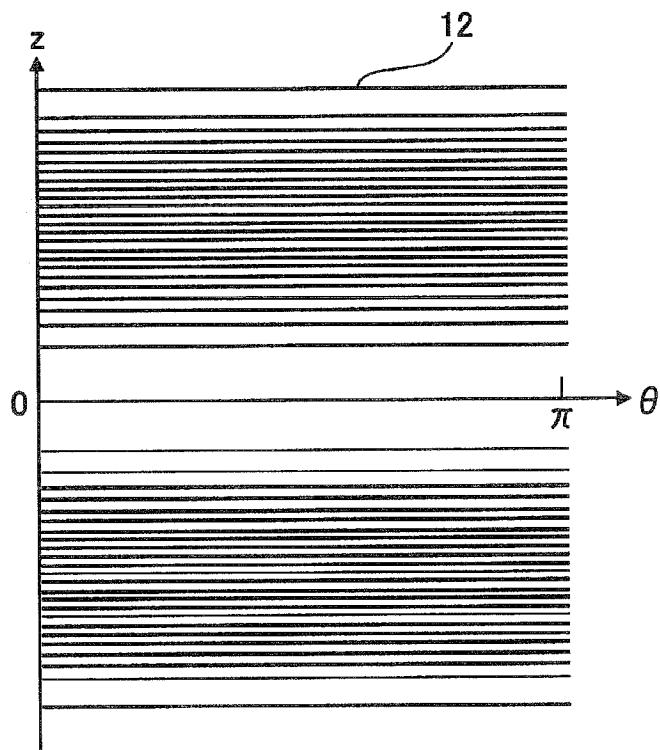


图 8B

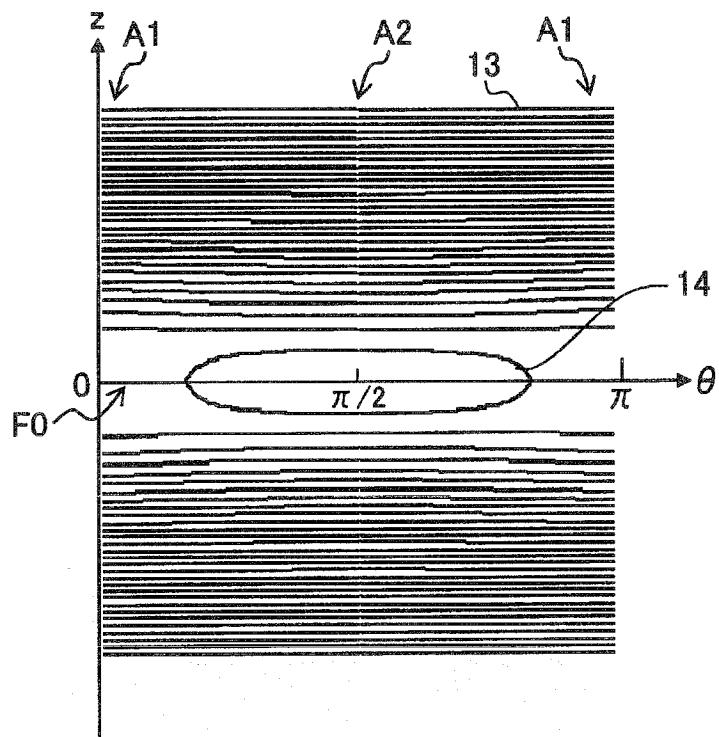


图 9A

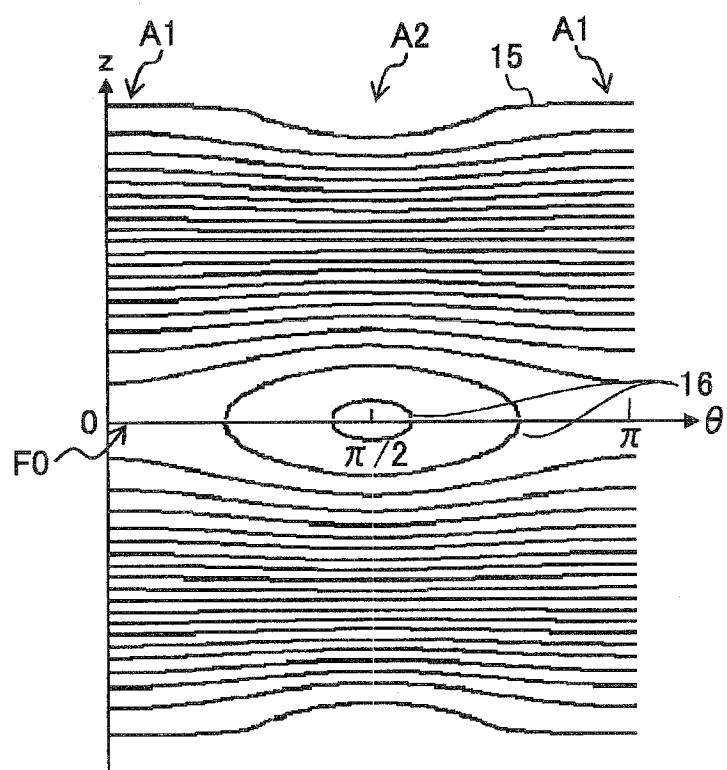


图 9B

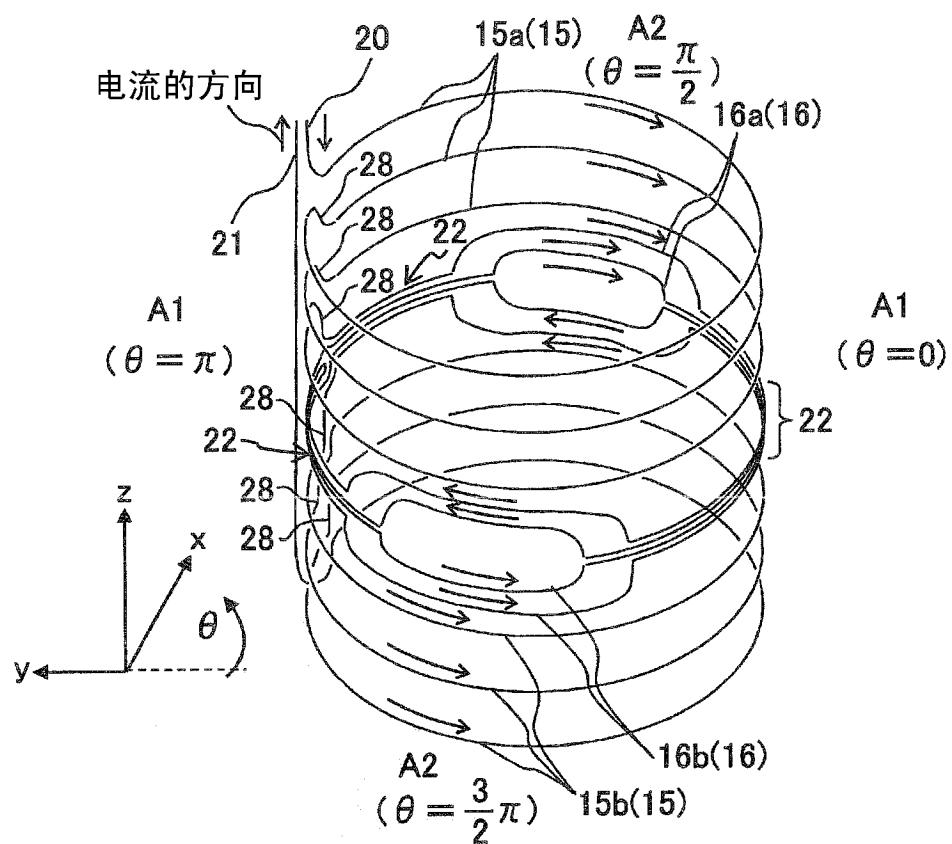


图 10A

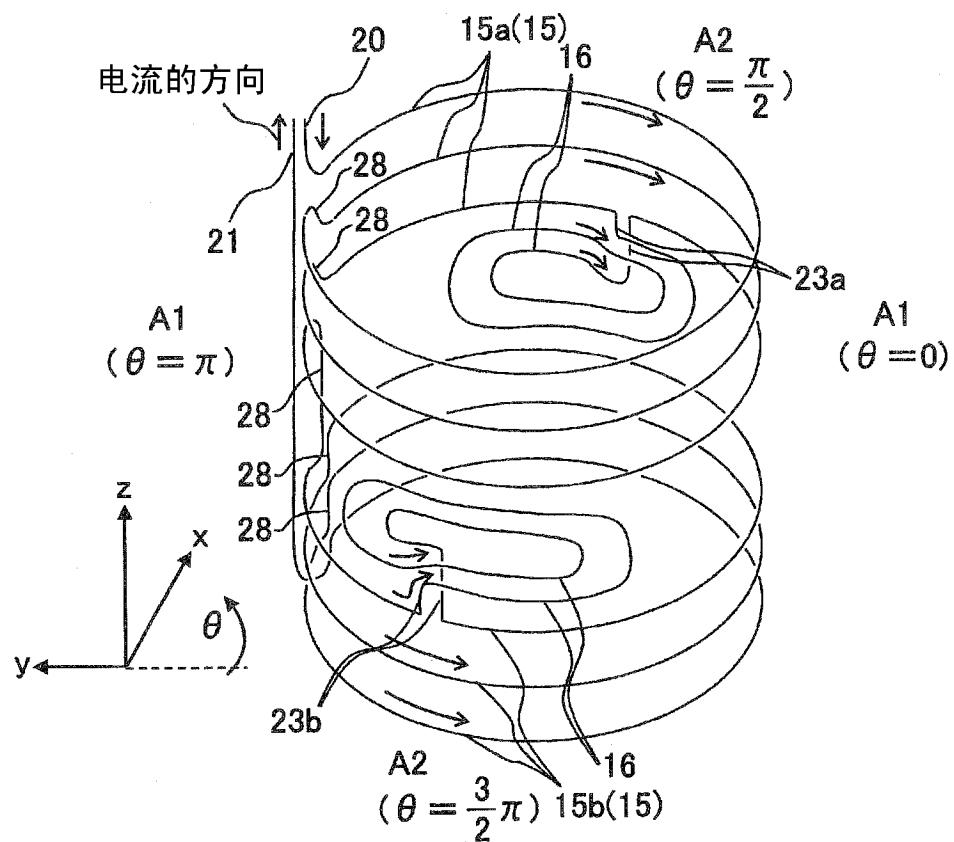


图 10B

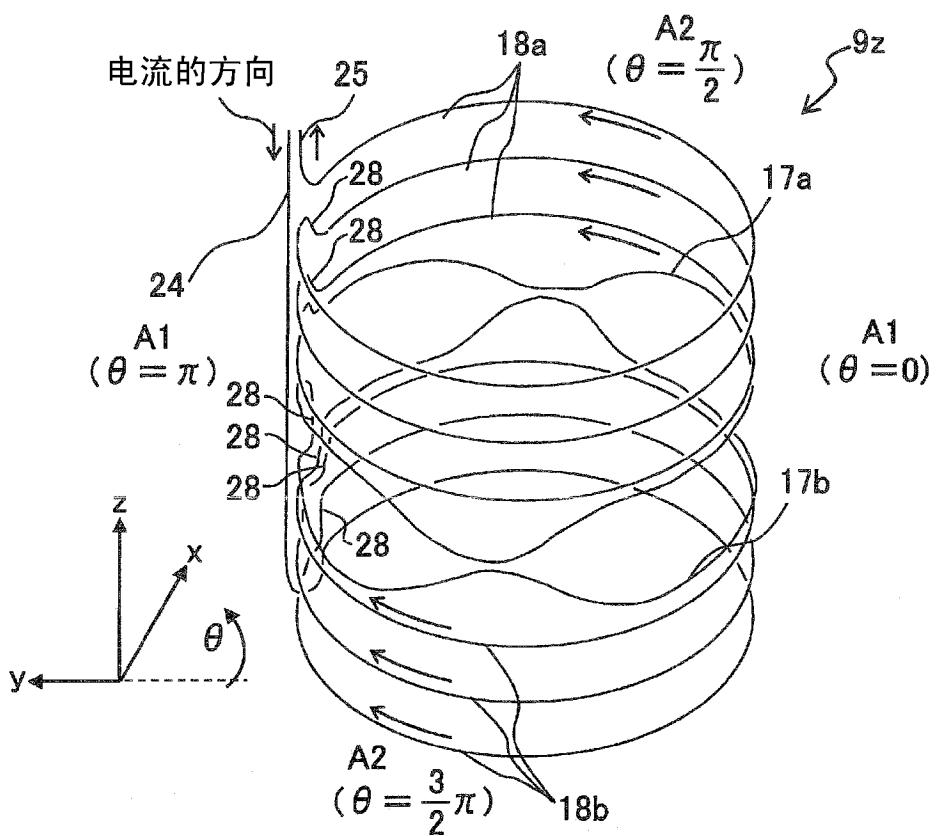


图 11A

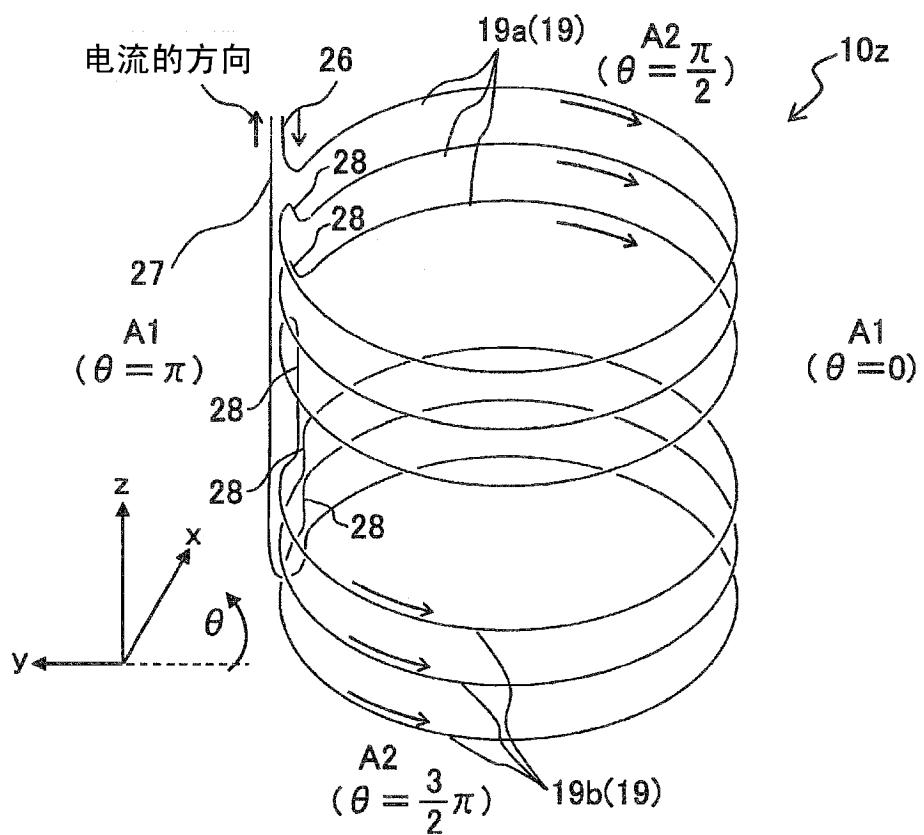


图 11B

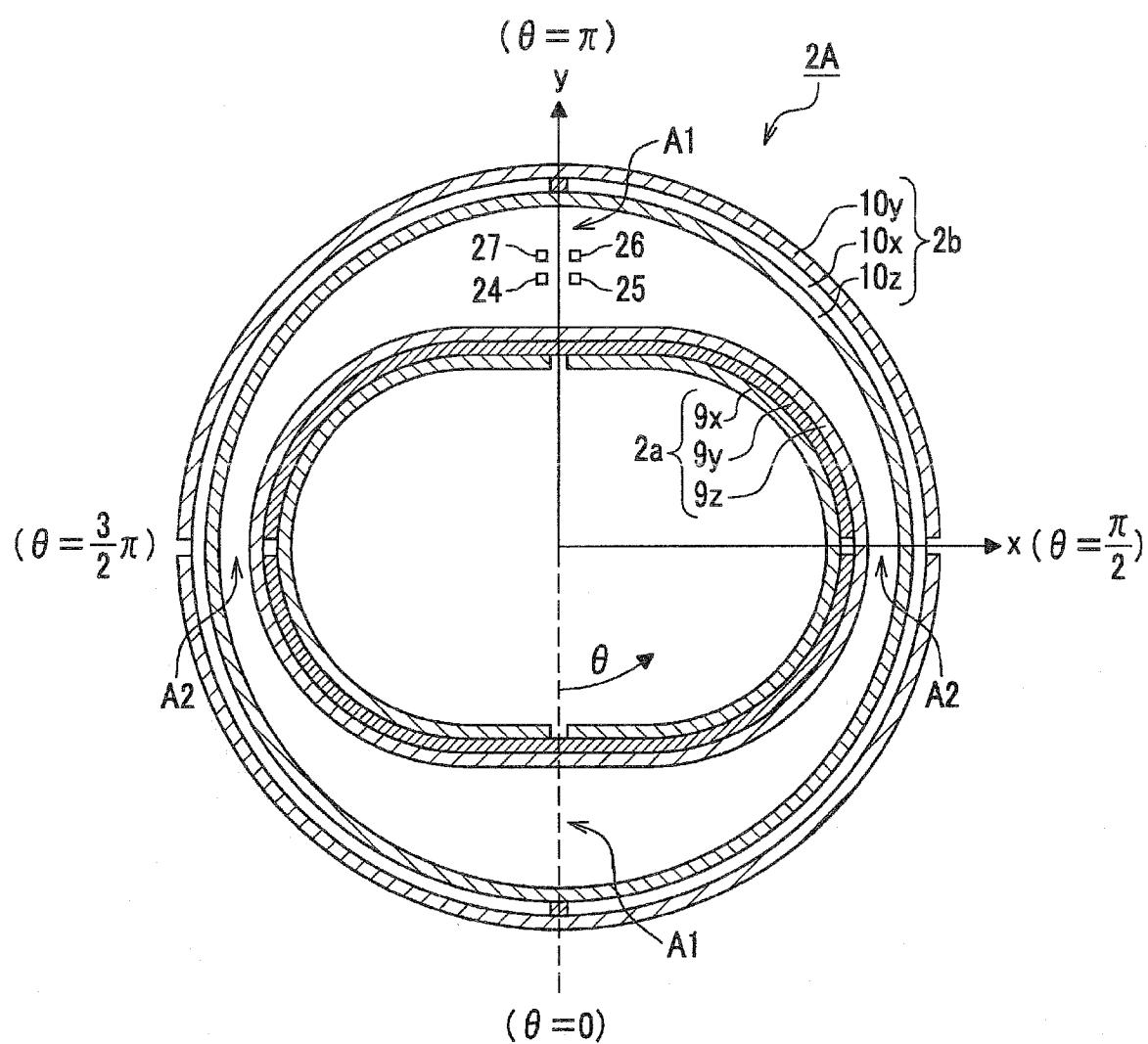


图 12A

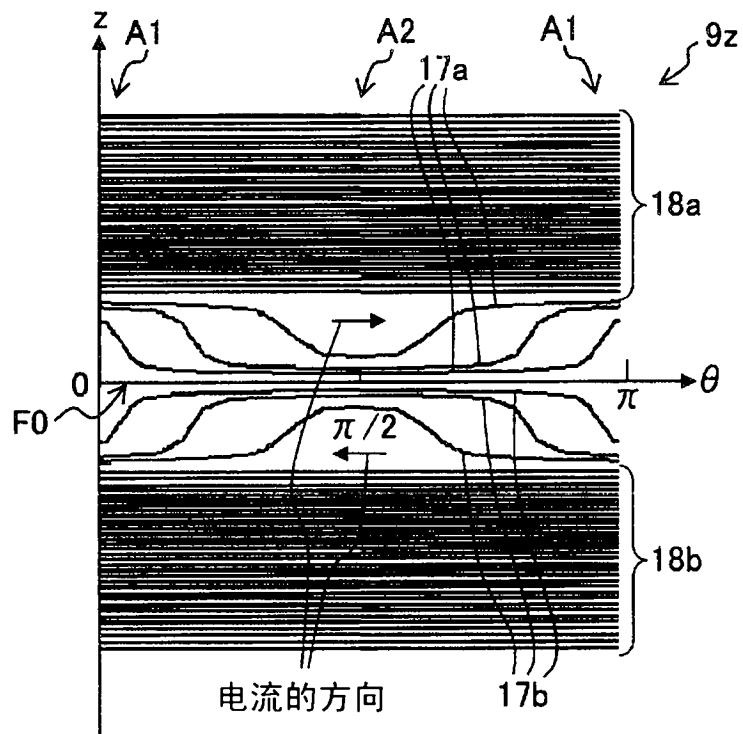


图 12B

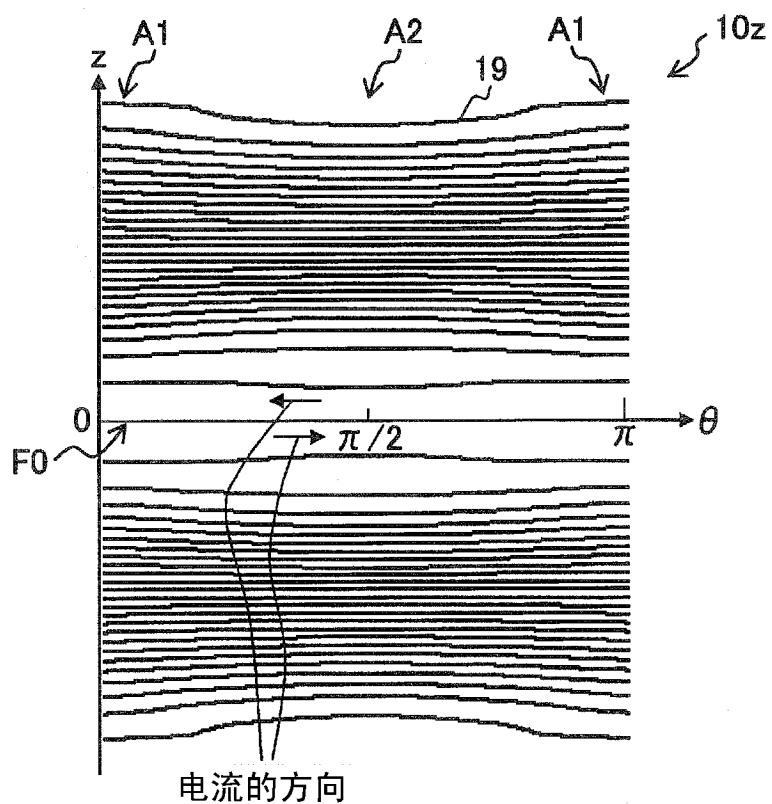


图 12C

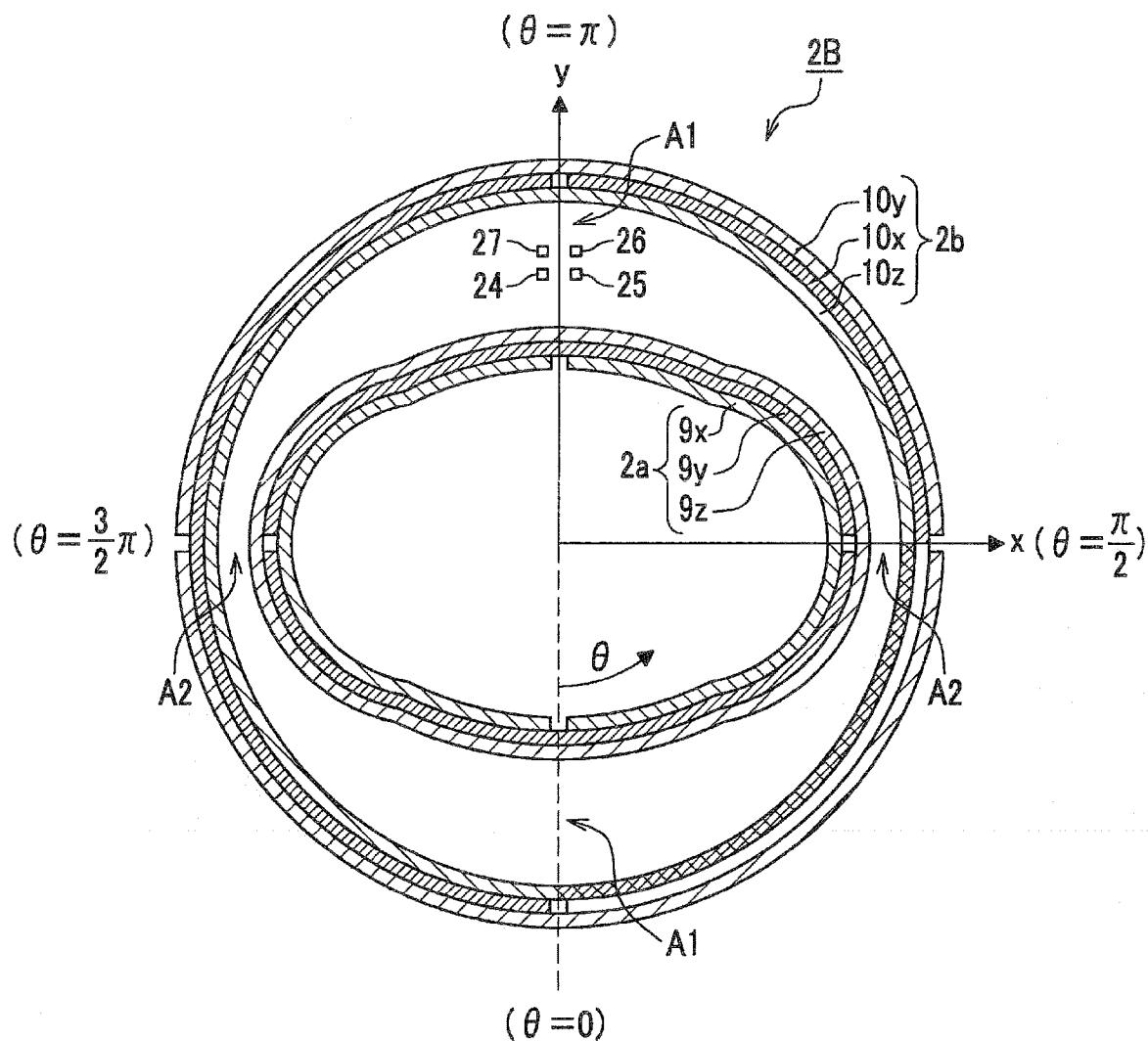


图 13A

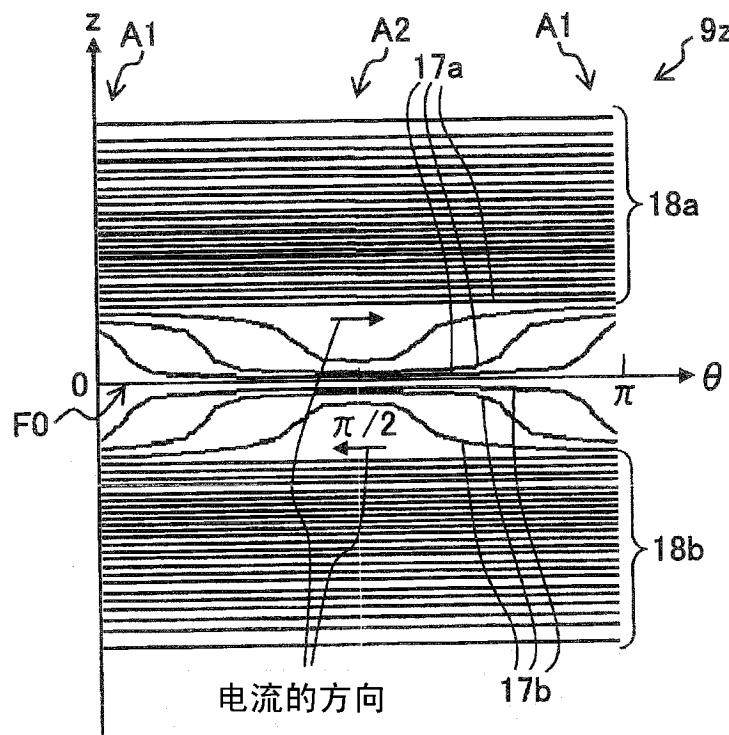


图 13B

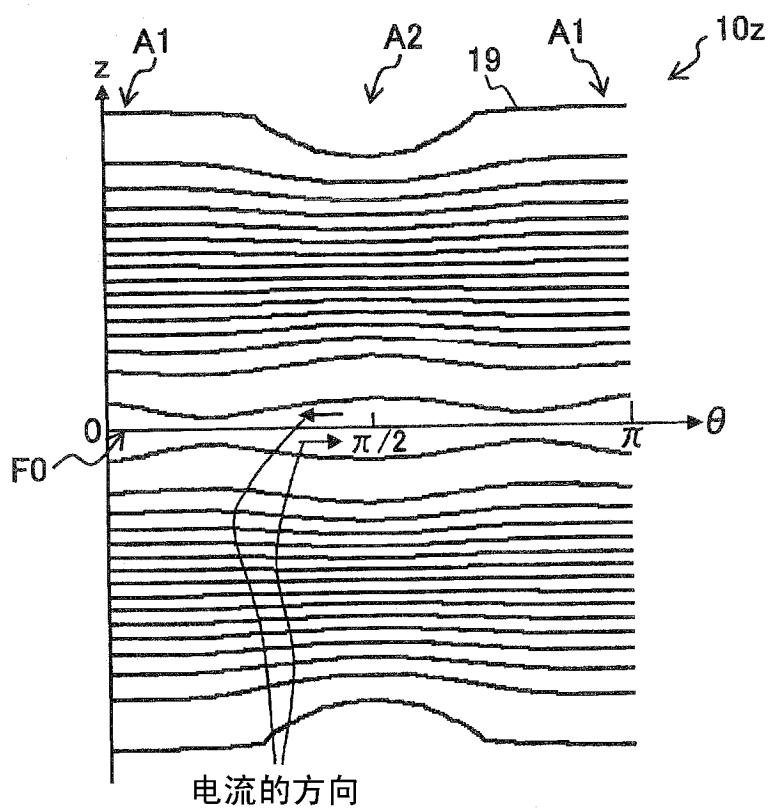


图 13C

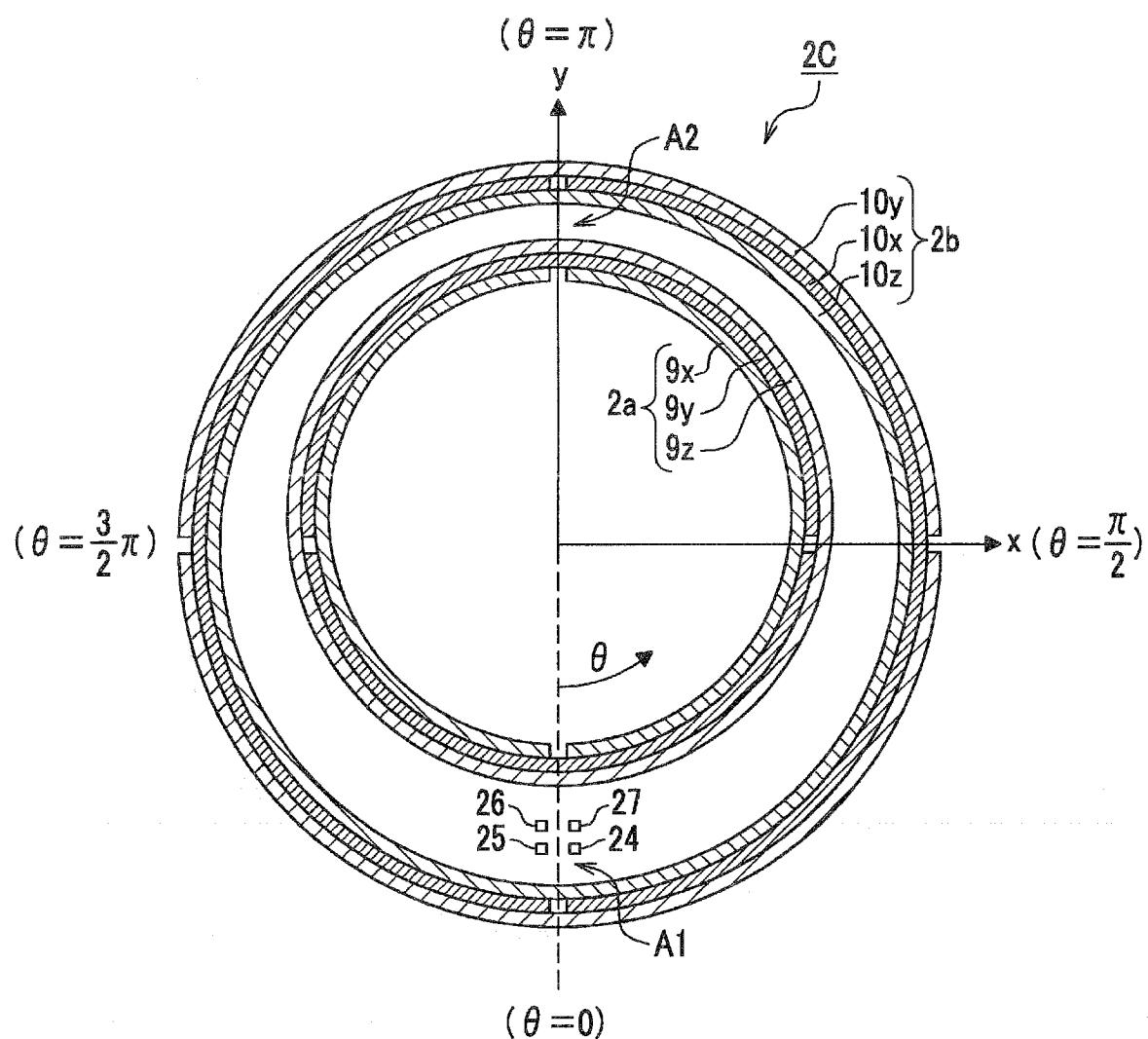


图 14A

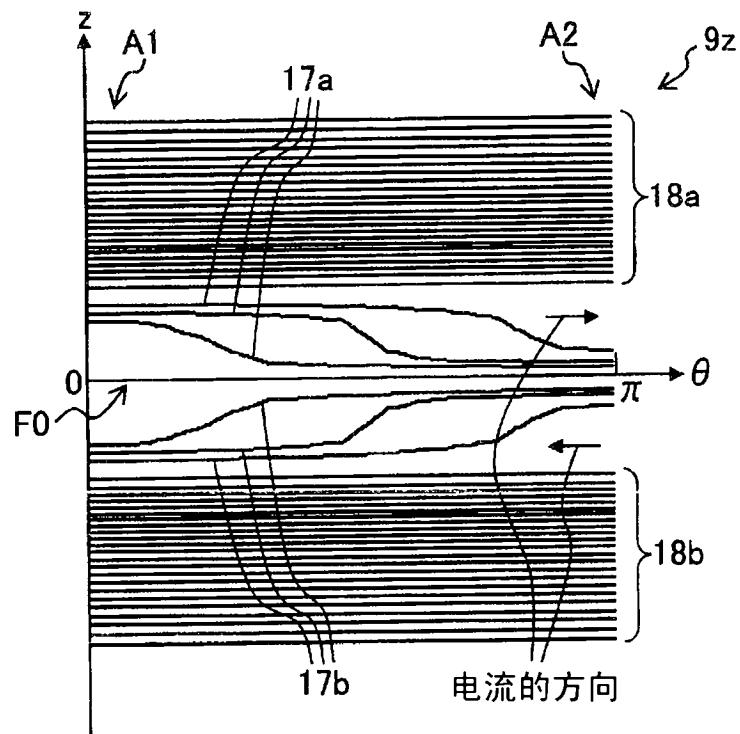


图 14B

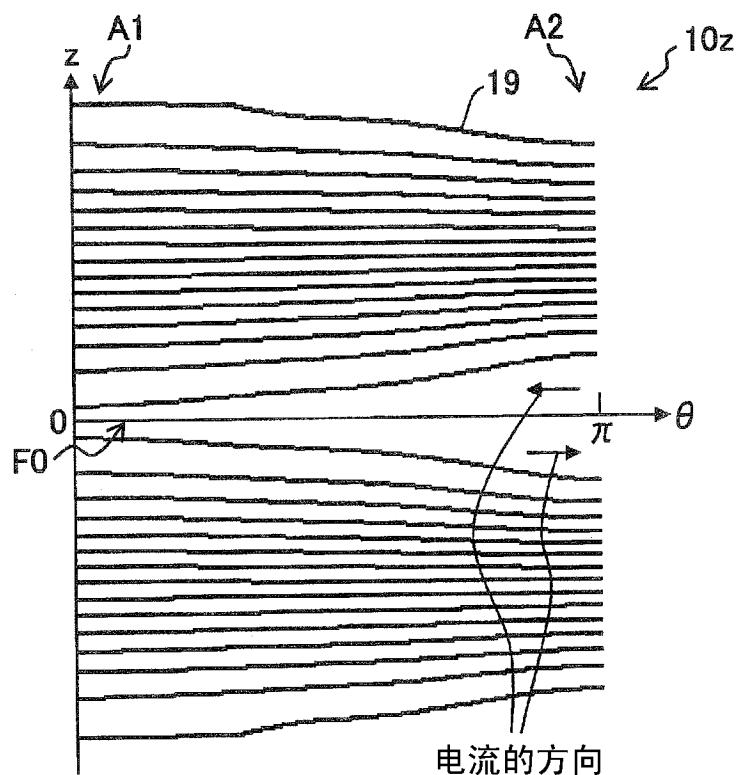


图 14C

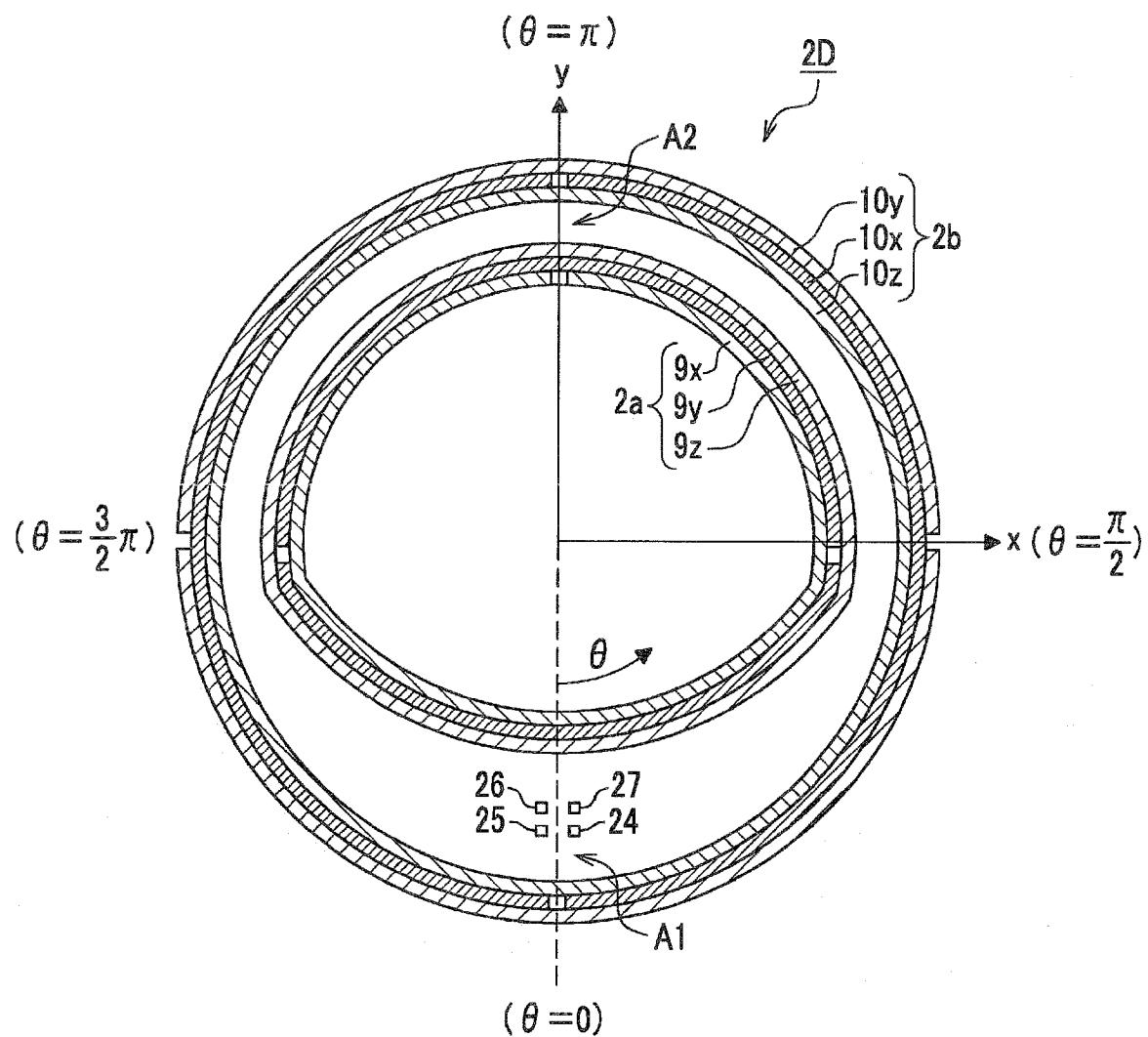


图 15A

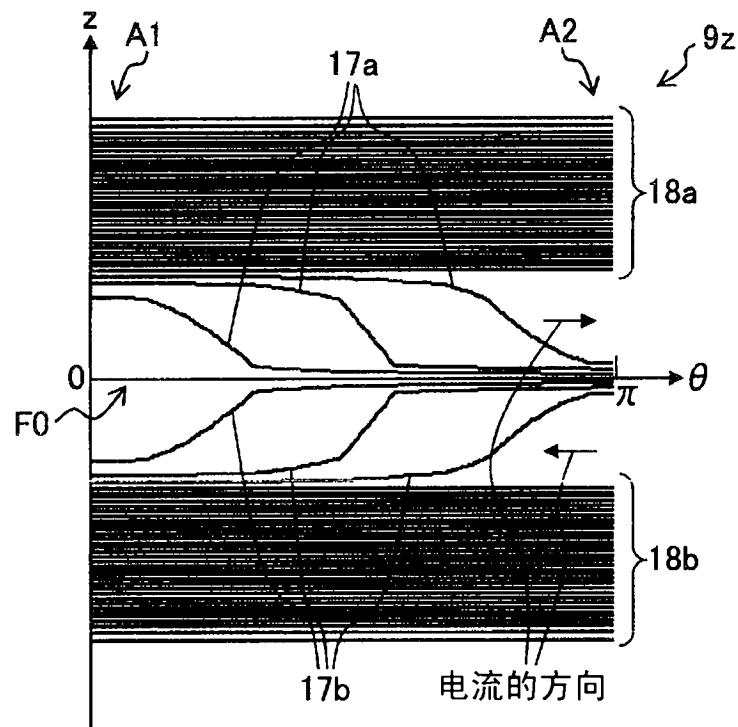


图 15B

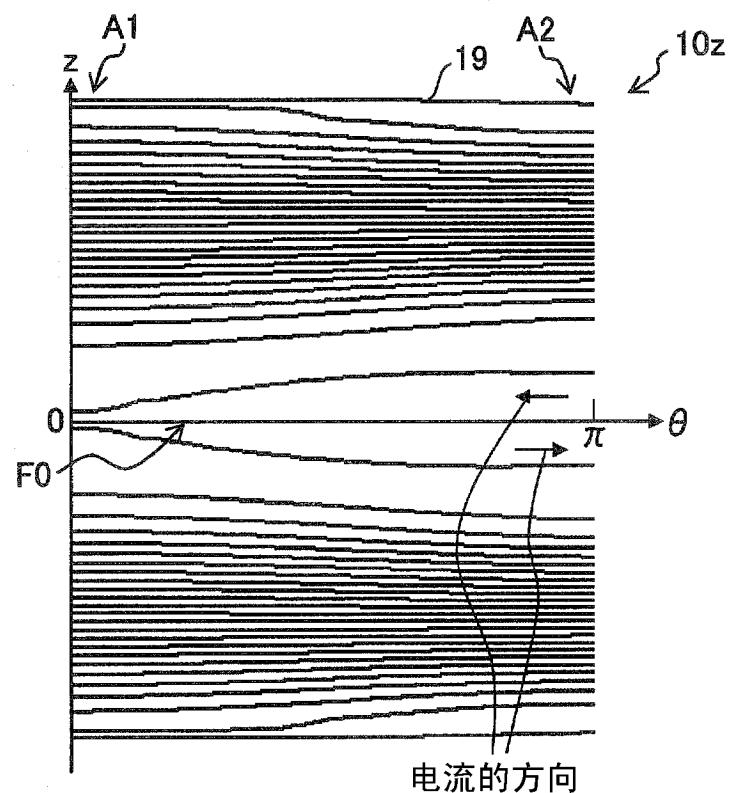


图 15C

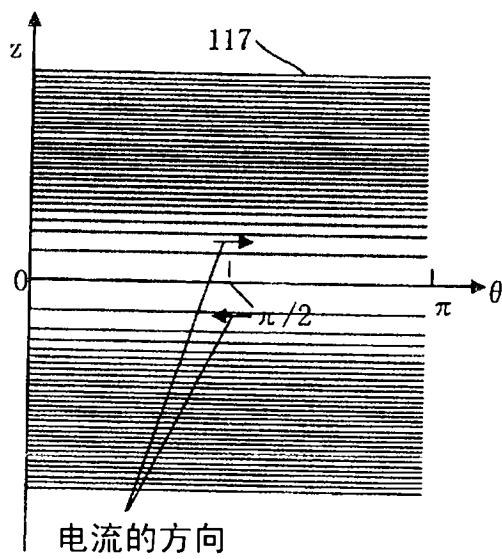


图 16A

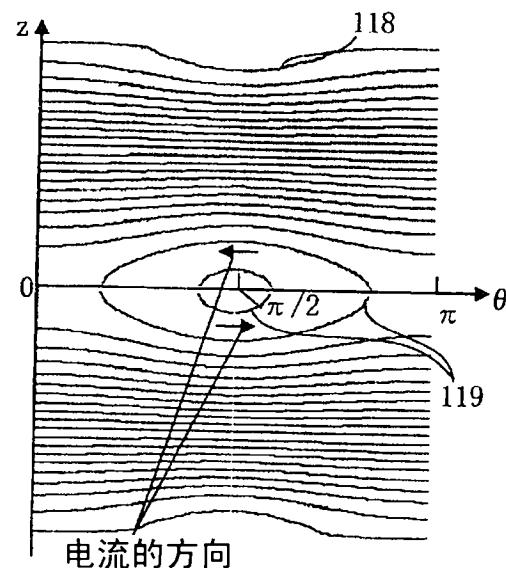


图 16B

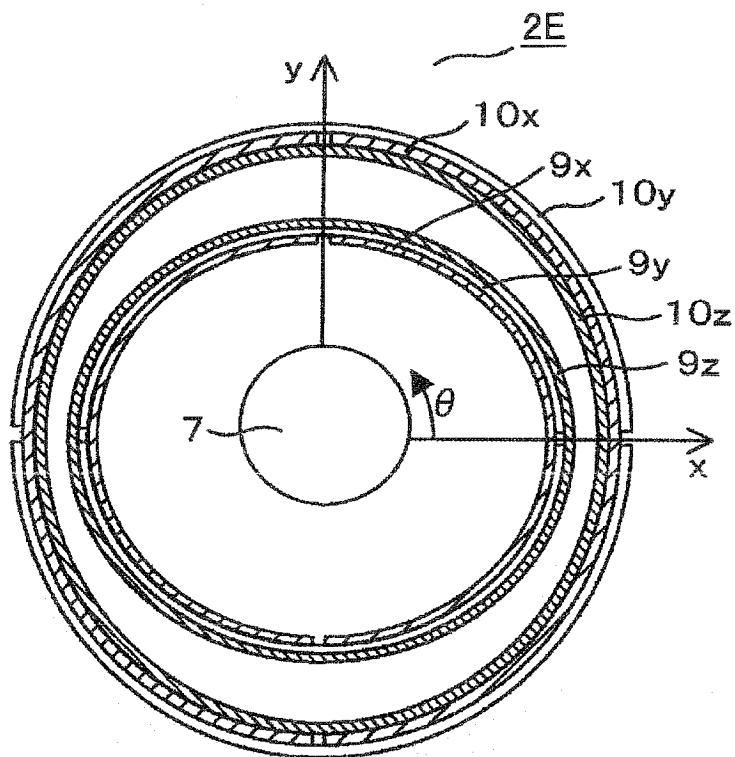


图 17

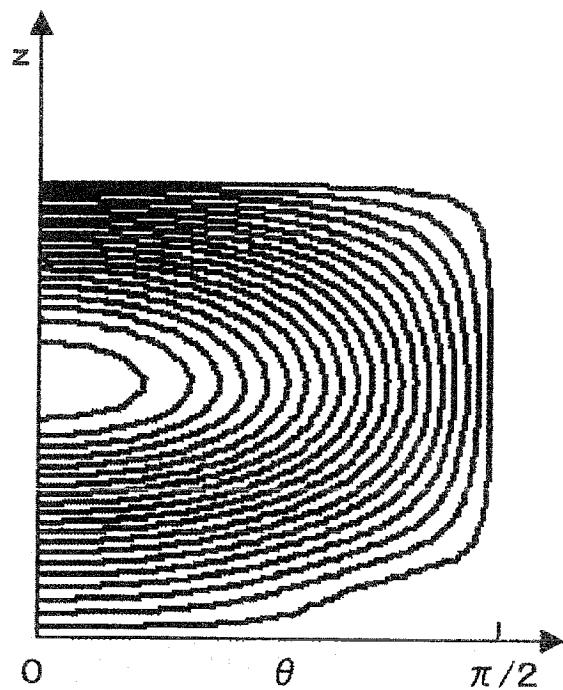


图 18A

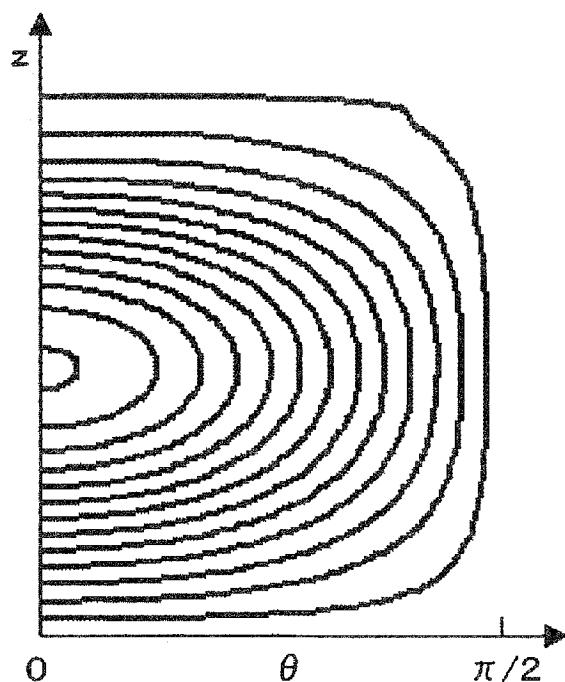


图 18B

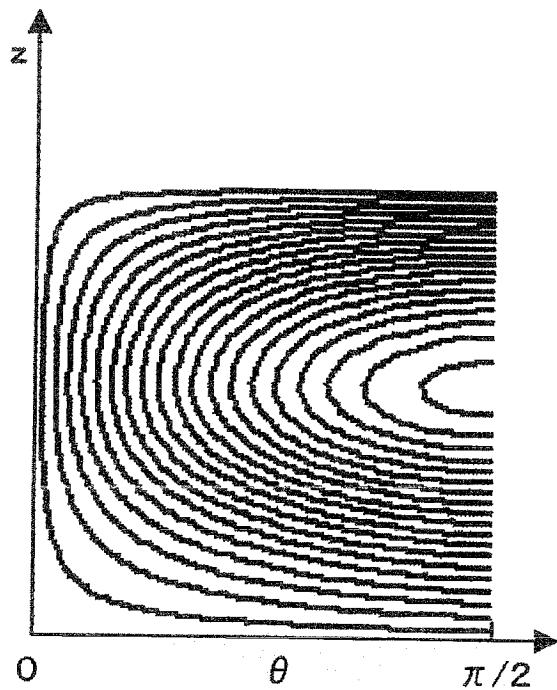


图 19A

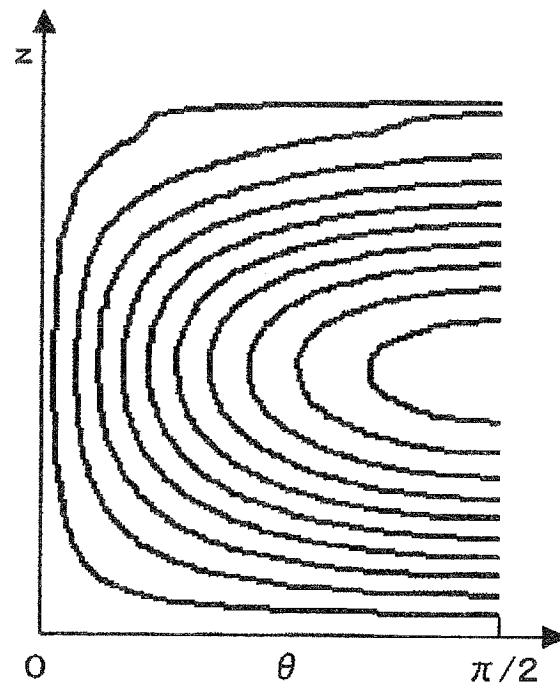


图 19B

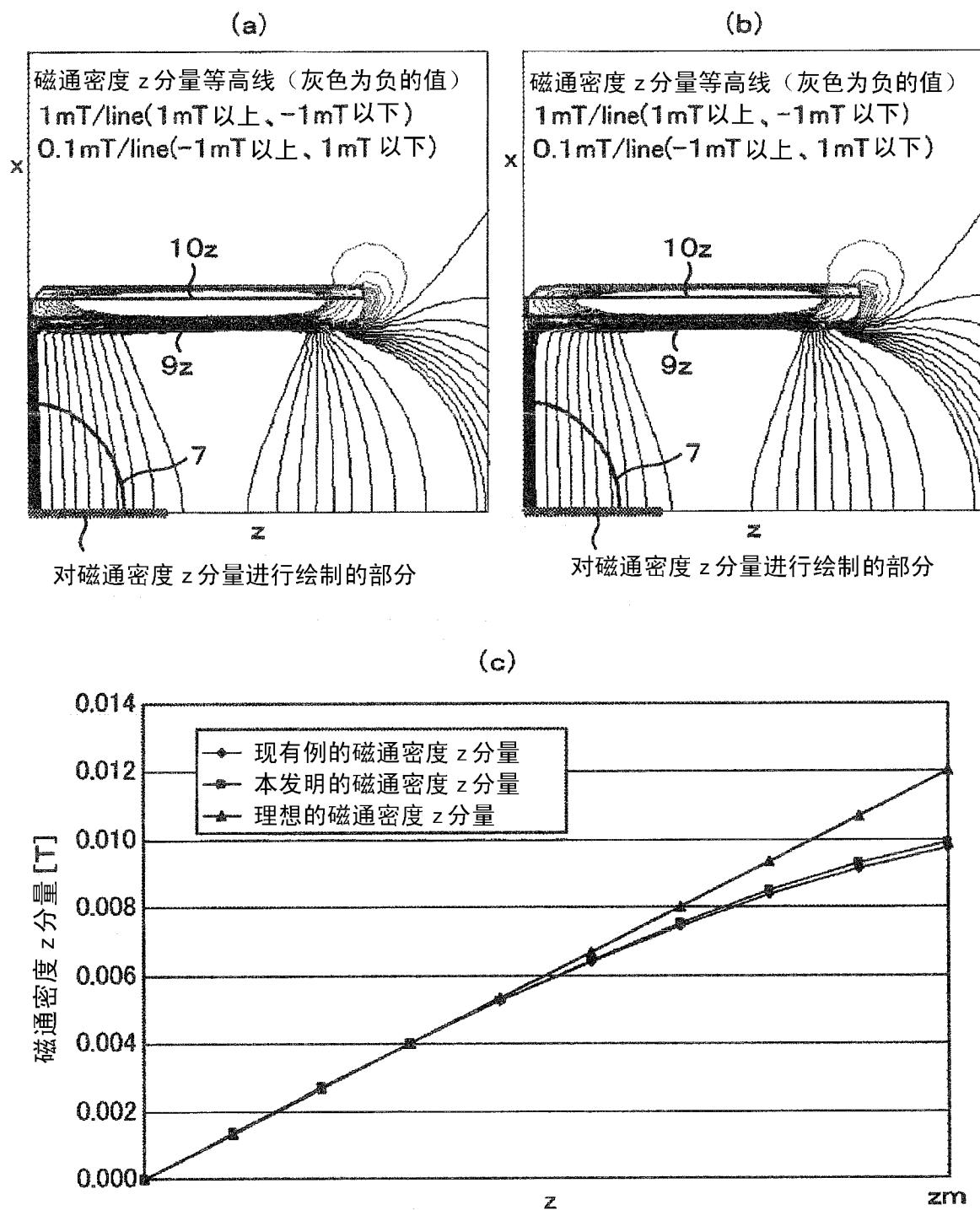


图 20

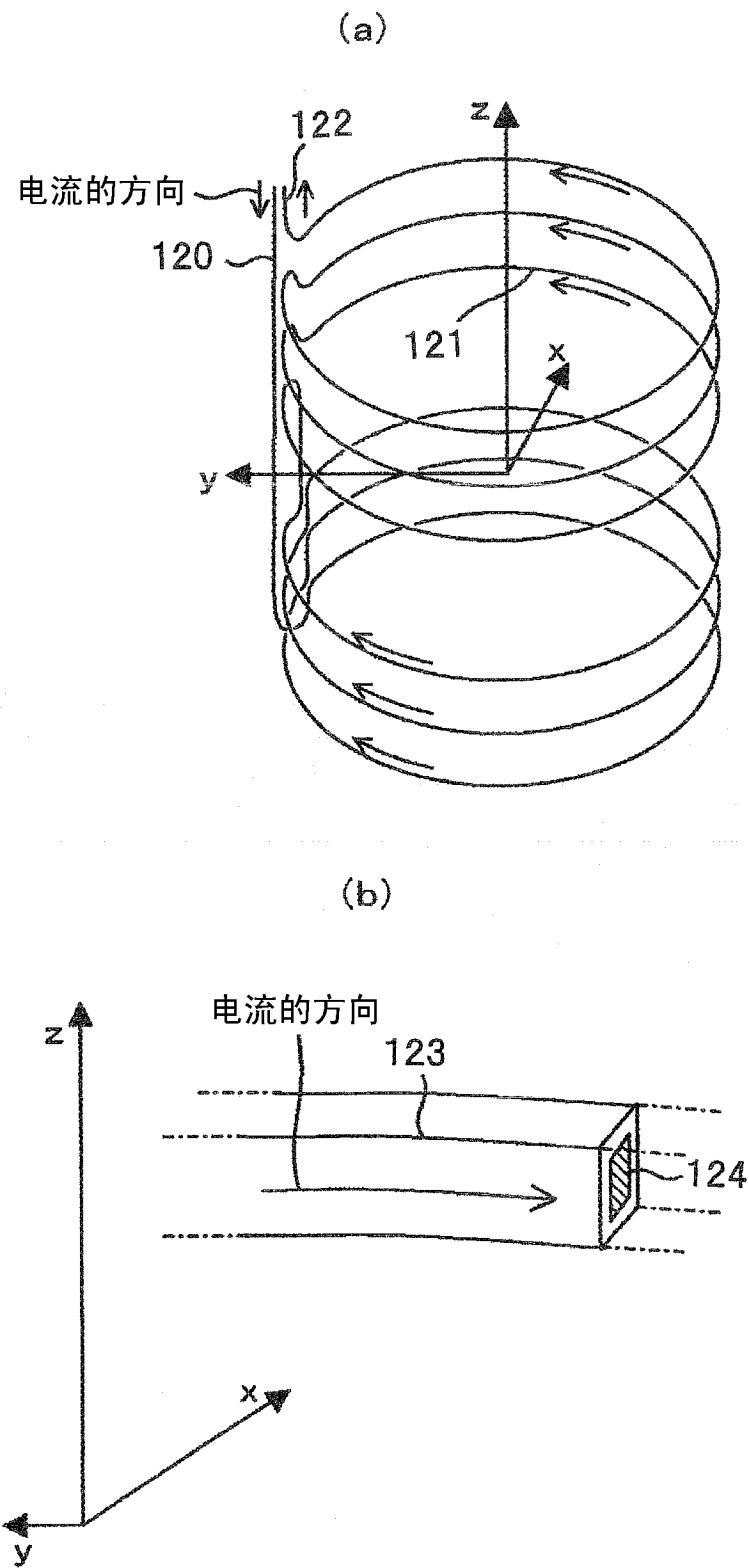


图 21

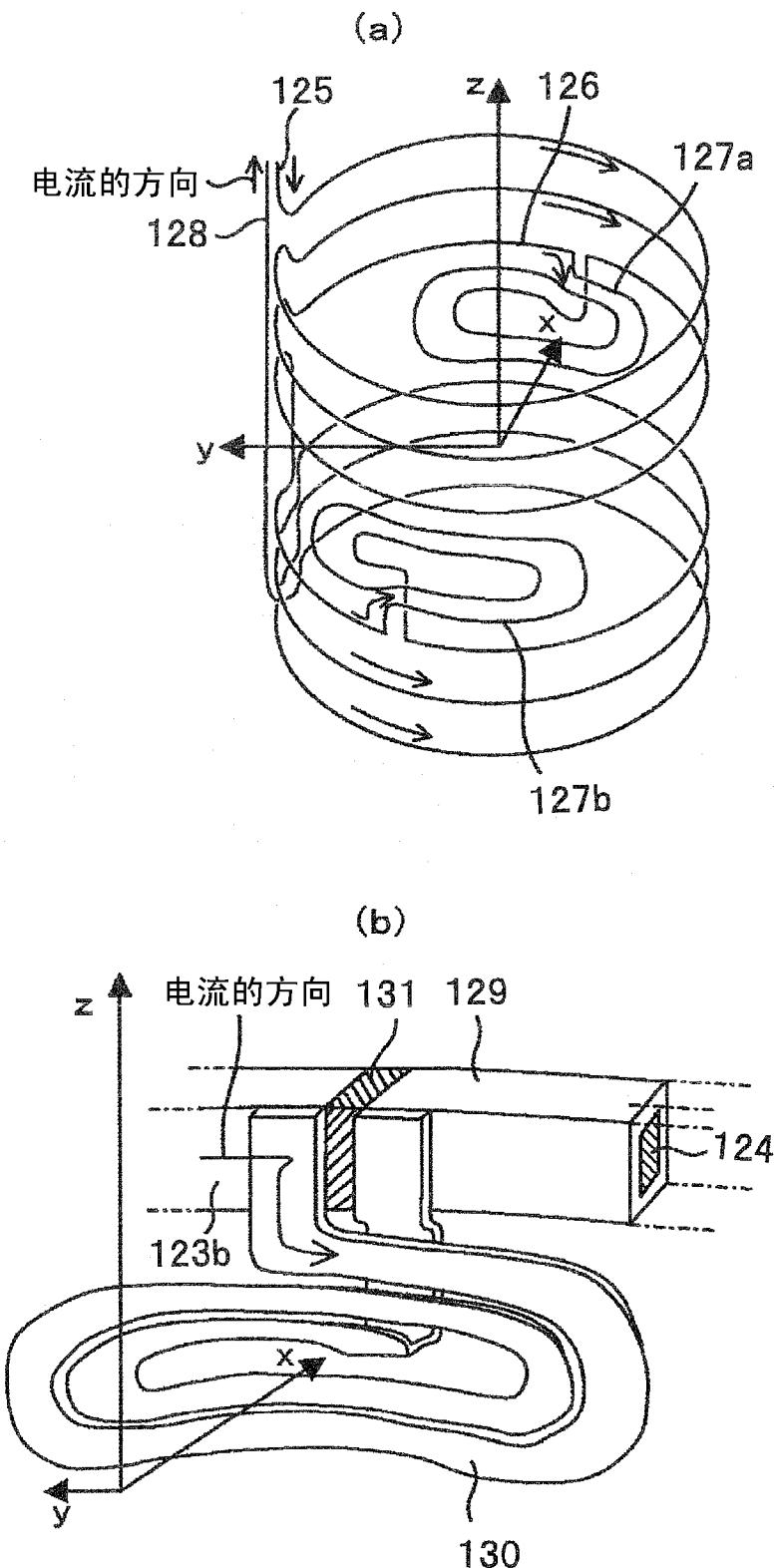
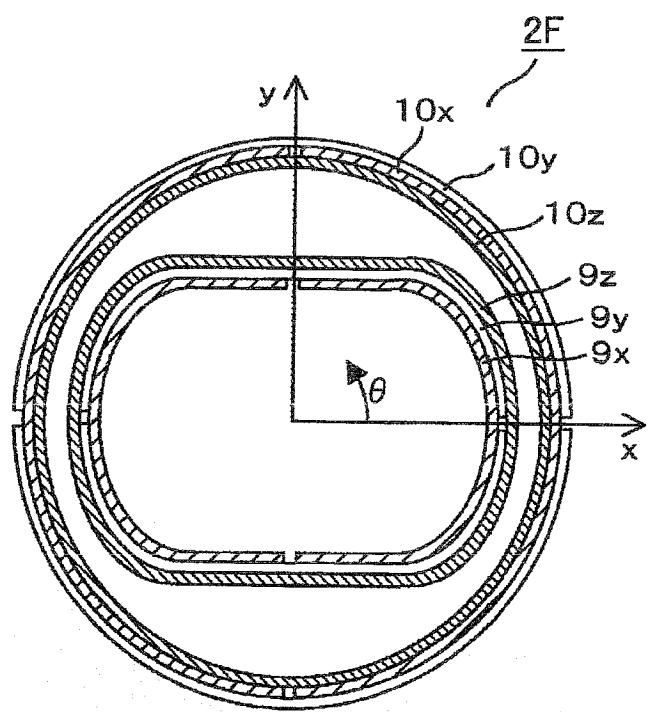
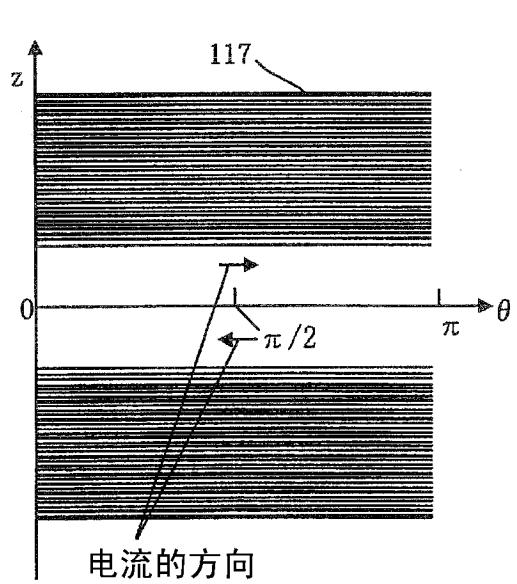


图 22

(a)



(b)



(c)

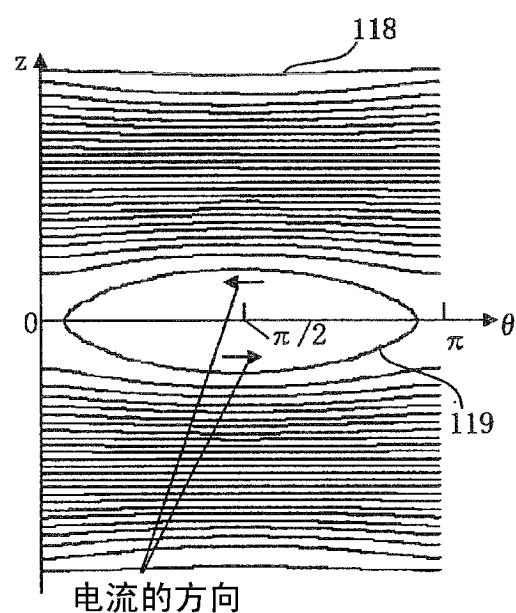
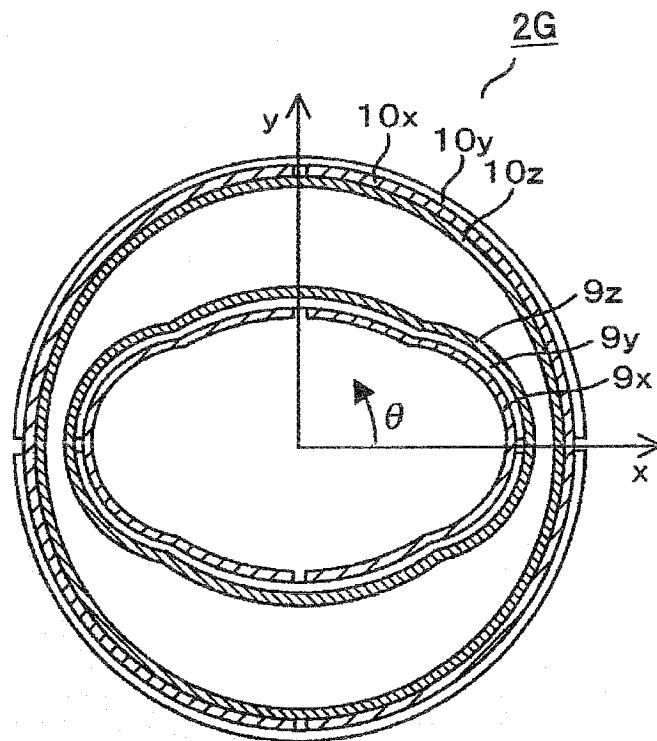
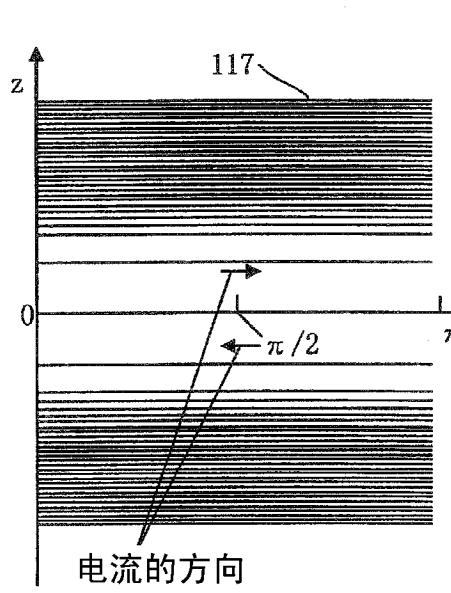


图 23

(a)



(b)



(c)

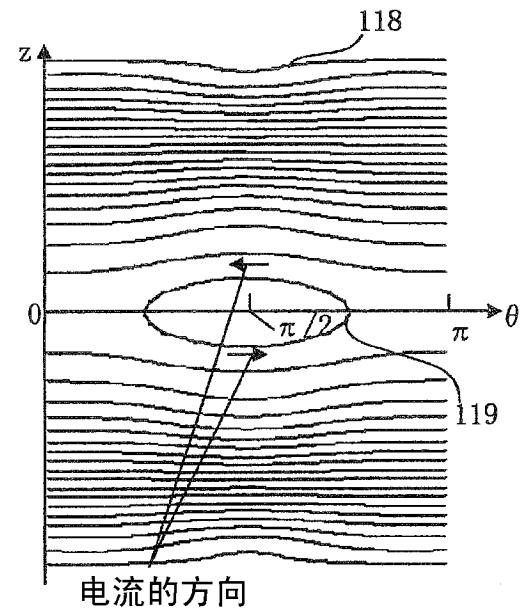
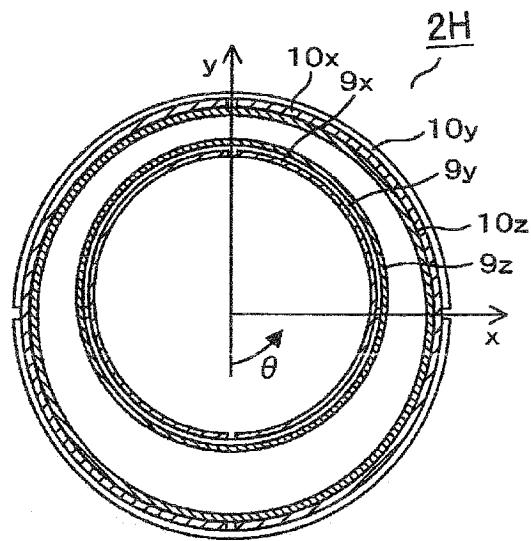
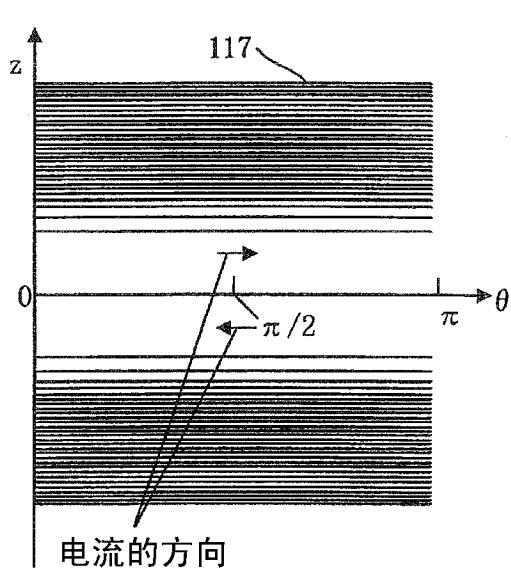


图 24

(a)



(b)



(c)

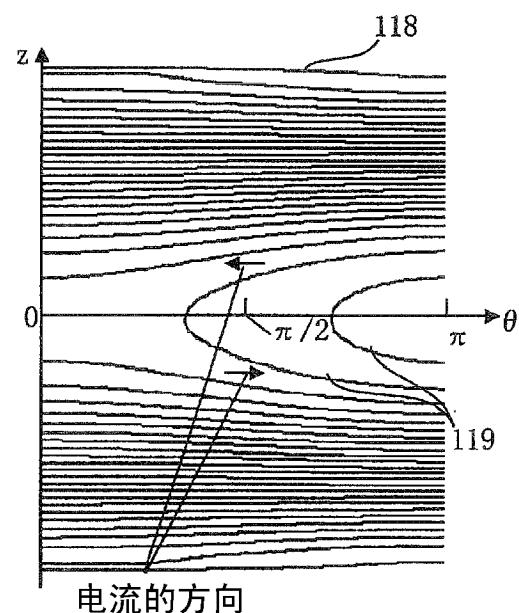
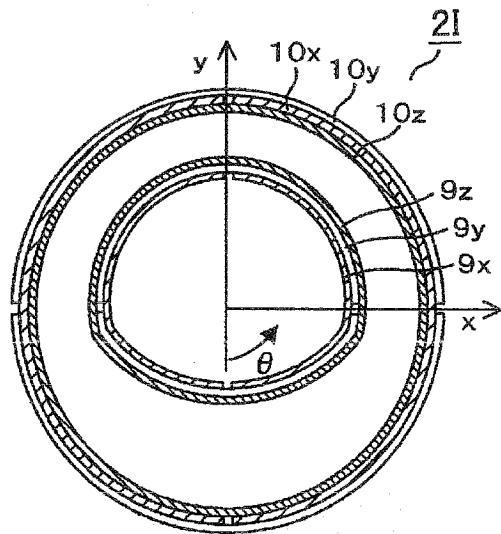
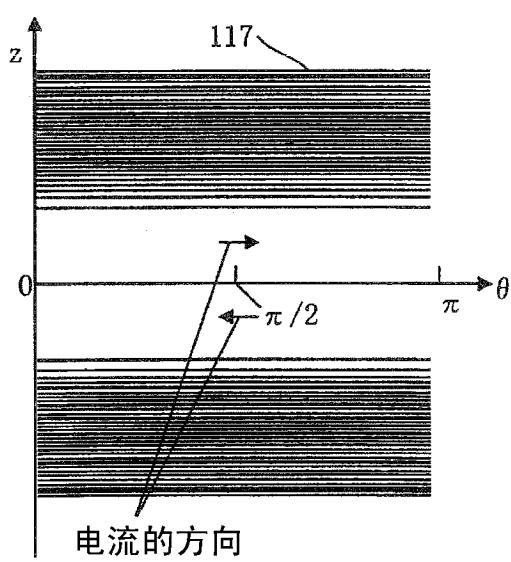


图 25

(a)



(b)



(c)

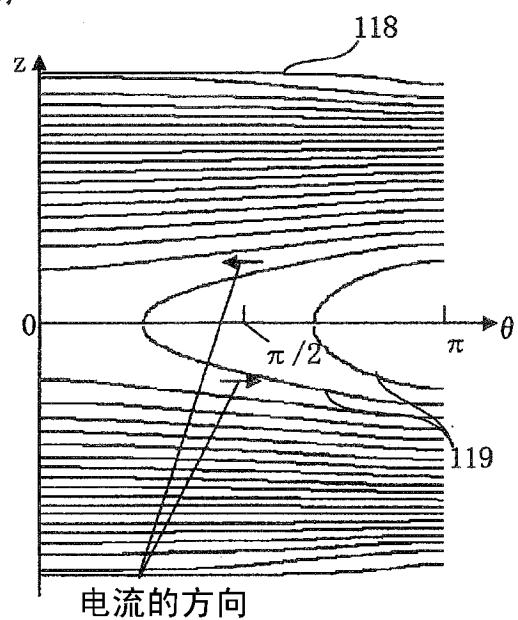


图 26